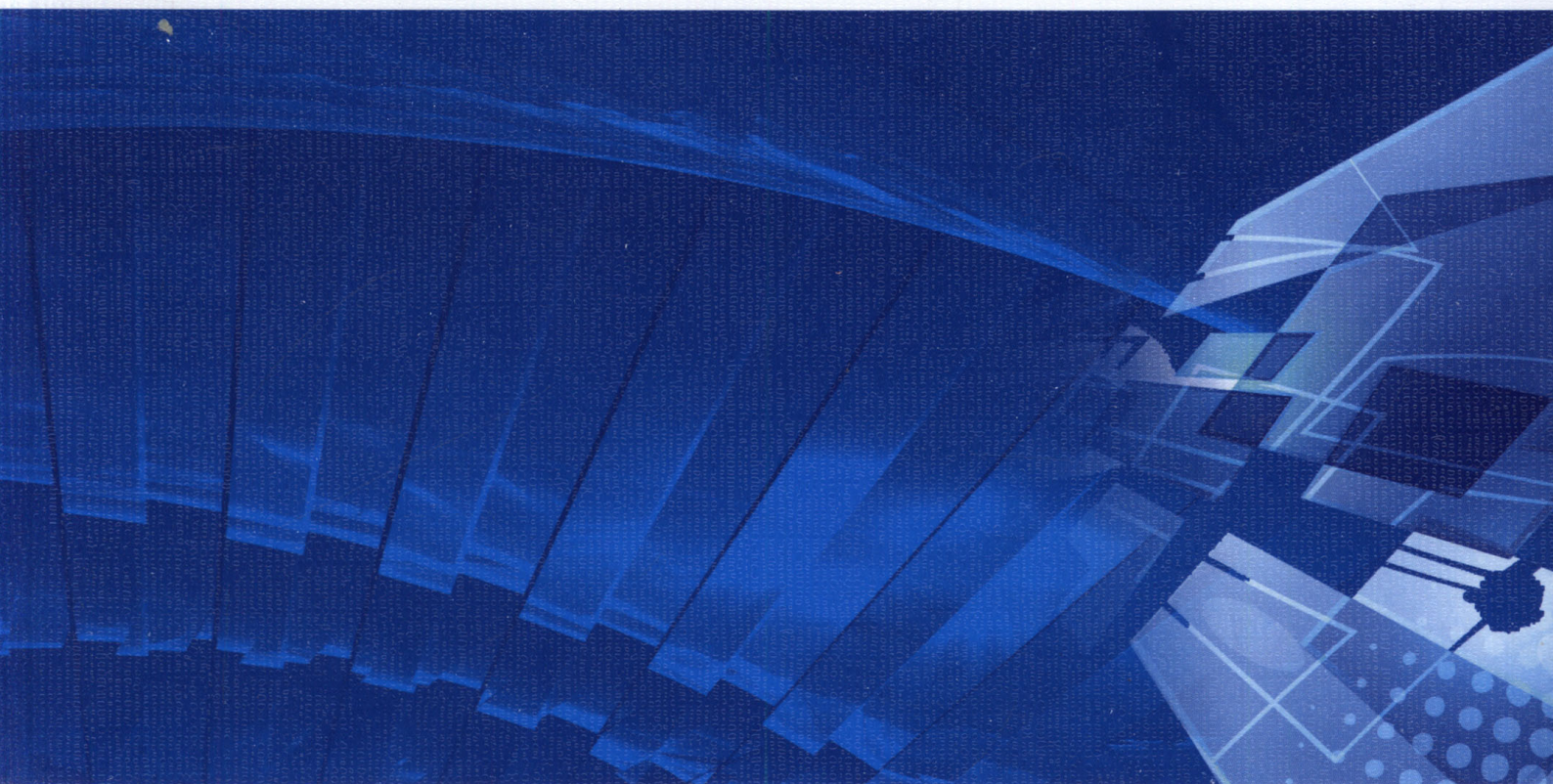


塑料挤出机头

典型结构设计及 试模调机经验汇编

陈泽成 陈斌 ◎ 编著



塑料挤出机头典型结构设计 及试模调机经验汇编

陈泽成 陈 斌 编著



机械工业出版社

本书按照用于生产薄膜类、管材类、异型材类、中空类、板（片）材类等不同制品的挤出机头分类，分 10 章详细介绍了不同种类挤出机头的设计方法，试模调机过程中对模具的验证、修改，以及生产中出现的问題、原因和解决方法。

本书内容清晰易懂，注重实际，结构紧凑，体系新颖，重点突出，参考图例多，实用性强，有利于读者拓宽思路，提高工作效率。

本书可供从事塑料挤出机头设计、挤出工艺设计、试模调机以及挤出制品企业的生产、管理等人员使用，也可供大专院校模具专业师生和模具培训班学员参考。

图书在版编目（CIP）数据

塑料挤出机头典型结构设计及试模调机经验汇编/陈泽成，陈斌编著. —北京：机械工业出版社，2014.2

ISBN 978-7-111-45419-9

I. ①塑… II. ①陈…②陈… III. ①塑料成型-挤出成型-挤出机-结构设计-研究②塑料成型-挤出成型-挤出机-调试方法-研究 IV. ①TQ320.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 009113 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：孔 劲 责任编辑：孔 劲 张元生 版式设计：霍永明

责任校对：申春香 封面设计：路恩中 责任印制：乔 宇

北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）

2014 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22 印张·543 千字

0001—2500 册

标准书号：ISBN 978-7-111-45419-9

定价：58.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

策划编辑电话：010/88379772

电话服务

网络服务

社 服 务 中 心：(010) 88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销 售 一 部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销 售 二 部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

近年来，我国塑料工业发展迅速，塑料制品种类繁多，其中，经由塑料挤出成型的制品，如塑料挤出管材、薄膜、棒、丝、板（片）、条、绳、网、异型材等，已广泛应用于工农业生产、交通运输、建筑工程、国防建设和日常生活，呈现以塑代钢、以塑代木、以塑代瓷、以塑代陶、以塑代棉毛的全新局面。

塑料挤出成型是塑料加工的主要成型方法之一。固态原料通过挤出机的加热和混炼变成均匀的黏性流体，在挤压系统的作用下，该流体以一定的压力和速度连续不断地通过挤出机头而获得一定形状的坯件，再通过冷却定型获得所需要的特定性能和特定形状的塑料制品。这个过程的核心是挤出机头，机头的好坏直接决定了挤出的成败和产品的质量。

为了适应塑料挤出工业高速发展的需要，提升塑料挤出制造企业的技术水平，编者将数十年从业过程中收集的各类挤出机成套生产线配套机头模具结构和试模调机的最佳工艺参数加以整理，并汇集多年从事挤出制品机头开发的实践工作经验，编写成书，以飨读者。

本书共分 10 章，内容全面翔实，实用性强，涉及市场上大部分门类的挤出制品，其中相关案例和实践经验可为广大挤出产品开发人员提供技术支持和帮助。本书可供从事挤出机头设计的技术人员、模具制作技术人员、挤出工艺编制人员、试模生产调试人员、挤出制品企业的生产和管理人员、大专院校模具专业师生、模具培训班的学员参考使用。

鉴于编者水平有限，书中若有不当之处，欢迎广大读者不吝指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 挤出成型基础知识	1
1.1 挤出成型设备	1
1.1.1 挤出机	1
1.1.2 挤出机结构	2
1.1.3 挤出机的分类和用途	6
1.1.4 挤出机的附属设备	9
1.2 挤出机头设计与试模修改	10
1.2.1 挤出成型机头的分类	10
1.2.2 挤出成型机头的设计与制造	11
1.2.3 挤出成型机头试模与修正	14
1.2.4 挤出成型中的异常现象、产生原因及解决方法	16
1.3 挤出成型设备试模调机	17
1.3.1 挤出机的调试	17
1.3.2 挤出机头的调试	19
1.3.3 挤出成型生产线设备的调试（从主机到辅机）	20
1.4 挤出成型常用原料、辅料	25
1.4.1 原料性能和特点	25
1.4.2 辅料性能和特点	31
1.5 挤出成型技术的最新发展	32
1.5.1 特殊挤出机新技术	32
1.5.2 反应挤出技术	37
1.5.3 精密挤出技术	40
1.5.4 型材高速挤出技术	42
1.5.5 管材挤出自动控制技术	46
1.5.6 仿木制品挤出技术	48
1.5.7 低发泡挤出成型技术	54
第 2 章 薄膜机头设计与试模调机	64
2.1 吹塑薄膜生产设备	64
2.1.1 吹塑薄膜挤出机	64
2.1.2 薄膜挤出辅机	65
2.2 吹塑薄膜机头设计	71
2.2.1 吹塑薄膜机头设计参数和要求	71
2.2.2 吹塑薄膜机头结构设计	74
2.3 吹塑薄膜综合生产工艺	81

2.3.1 吹塑薄膜生产方式	81
2.3.2 综合成型工艺参数	83
2.4 挤出流延薄膜成型试模调机	86
2.4.1 挤出流延膜概述	86
2.4.2 挤出流延膜机头设计	89
2.4.3 挤出流延膜试模调机	90
2.5 聚丙烯薄膜挤出成型试模调机	93
2.6 多层共挤流延膜挤出成型试模调机	96
第 3 章 管材机头设计与试模调机	101
3.1 管材挤出制品概述	101
3.2 管材挤出成型设备	103
3.2.1 管材挤出机	104
3.2.2 管材挤出成型辅机	105
3.3 管材机头设计	115
3.3.1 管材机头设计参数及要点	115
3.3.2 管材机头结构设计	116
3.3.3 管材机头主要零件设计参数	117
3.3.4 管材机头在使用中损坏原因	119
3.4 塑料波纹管挤出成型试模调机	120
3.4.1 PVC 单壁波纹管挤出成型试模调机	120
3.4.2 PVC 双壁波纹管挤出成型试模调机	122
3.4.3 双壁波纹管挤出成型质量分析	125
3.5 聚氯乙烯芯层发泡管挤出成型试模调机	126
3.6 高密度聚乙烯燃气管挤出成型试模调机	129
3.7 无规共聚聚丙烯管挤出成型试模调机	131
3.8 硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管挤出成型试模调机	134
3.9 管材制品生产过程中异常现象、产生原因及解决方法	135
第 4 章 异型材机头设计与试模调机	138
4.1 异型材概述	138
4.2 异型材成型设备	141

4.2.1 异型材成型生产线	141	5.4.4 聚氯乙烯瓶成型试模调机	197
4.2.2 异型材挤出机	142	5.4.5 共挤出吹塑成型试模调机	198
4.2.3 异型材辅机	143	5.5 挤出吹塑中空制品生产中异常现象、 产生原因及解决方法	199
4.3 异型材机头设计与试模修正	148	第6章 板(片)材机头设计与试模 调机	204
4.3.1 异型材机头的设计原则和要求 ..	148	6.1 板(片)材概述	204
4.3.2 异型材机头设计的主要技术 参数	150	6.2 板(片)材制品原材料准备	205
4.3.3 异型材机头的结构设计	153	6.3 板(片)材挤出成型生产设备	206
4.3.4 异型材机头试模与修正	159	6.4 板(片)材机头设计与试模调机	211
4.3.5 真空定型模的设计与修正	162	6.4.1 板(片)材机头设计的原则	211
4.4 异型材的综合生产工艺	165	6.4.2 鱼尾式机头设计	211
4.4.1 原材料准备	165	6.4.3 支管式机头设计	212
4.4.2 塑料异型材挤出成型	168	6.4.4 衣架式机头设计	213
4.4.3 异型材辅机调试及开机操作	169	6.4.5 螺杆式机头设计	214
4.5 异型材典型产品成型试模调机	172	6.4.6 共挤出板材机头设计	215
4.5.1 硬聚氯乙烯门、窗成型试模 调机	172	6.4.7 自由发泡板(片)材机头设计 ..	216
4.5.2 木纹结皮发泡 PVC 异型材成型 试模调机	173	6.4.8 板(片)材机头试模调机	216
4.5.3 异型材生产中异常现象、产生 原因及解决方法	175	6.5 板(片)材生产综合成型工艺	220
4.6 共挤出机头接胶技术	177	6.6 典型板(片)材制品试模调机	222
4.6.1 不同颜色异型材共挤出机头 (模内汇合)	177	6.6.1 普通板(片)材制品试模调机 ..	222
4.6.2 异型材再生料共挤出机头 (模内汇合)	178	6.6.2 多层共挤复合板(片)材成型试 模调机	228
4.6.3 软、硬塑料共挤出机头 (模口和模外汇合)	180	6.6.3 聚碳酸酯中空格子板成型试模 调机	230
第5章 中空制品机头设计与试模 调机	183	6.6.4 高密度聚乙烯钙塑格子板成型 试模调机	235
5.1 中空制品概述	183	6.7 挤出板(片)材生产中的异常现象、 原因分析及解决方法	236
5.2 中空制品生产设备	185	第7章 棒、丝、带、绳、网、条机头 设计与试模调机	240
5.3 中空制品机头设计	186	7.1 塑料棒材机头设计与试模调机	240
5.3.1 中空制品机头分类	186	7.1.1 棒材挤出成型机头设计	240
5.3.2 中空制品机头设计要点	187	7.1.2 棒材挤出成型生产设备	243
5.3.3 中空制品机头设计要求	189	7.1.3 棒材挤出成型试模调机	245
5.3.4 中空制品吹塑冷却定型模具 设计	190	7.1.4 聚氯乙烯结皮发泡棒材挤出 成型	247
5.3.5 中空制品型坯壁厚控制	192	7.2 合成纤维挤出成型	249
5.4 典型中空制品成型试模调机	193	7.2.1 初生纤维区(Ⅰ区)生产设备及 技术要点	249
5.4.1 中空制品综合工艺要求	193	7.2.2 纤维处理区(Ⅱ区)生产设备及 技术要点	253
5.4.2 聚乙烯瓶成型试模调机	194		
5.4.3 聚丙烯瓶成型试模调机	195		

7.3 单丝机头设计与试模调机	256	调机	296
7.3.1 单丝挤出成型原理及生产设备	257	8.1.6 其他特种包覆机头结构设计及成型	299
7.3.2 单丝挤出成型机头设计	260	8.2 铝塑复合管机头设计及试模调机	301
7.3.3 单丝挤出成型试模调机	261	8.2.1 铝塑复合管生产工艺	302
7.4 扁丝机头设计与试模调机	264	8.2.2 铝塑复合管生产设备 & 机头设计	304
7.4.1 扁丝的应用及原料准备	264	8.2.3 铝塑复合管试模调机	305
7.4.2 扁丝机头设计与生产设备	265	8.3 聚氯乙烯纤维编织增强软管挤出成型及机头设计	307
7.4.3 聚丙烯扁丝挤出成型试模调机	266	8.3.1 聚氯乙烯纤维编织增强软管挤出成型	307
7.4.4 聚乙烯扁丝挤出成型试模调机	268	8.3.2 聚氯乙烯纤维编织增强软管机头设计	309
7.5 打包带机头设计与试模调机	269	第9章 挤出造粒机头设计与试模调机	313
7.5.1 打包带挤出成型生产设备	270	9.1 挤出造粒概述	313
7.5.2 打包带挤出成型机头设计	271	9.1.1 挤出造粒分类	313
7.5.3 打包带挤出成型试模调机	271	9.1.2 挤出造粒的配方、优点和应用	314
7.6 捆扎绳机头设计与试模调机	274	9.2 挤出造粒生产设备	316
7.6.1 捆扎绳挤出成型生产设备	274	9.2.1 混炼设备和挤出机	316
7.6.2 捆扎绳挤出成型试模调机	275	9.2.2 干式热切风送冷却机组	318
7.7 塑料网机头设计与试模调机	276	9.2.3 水环湿式热切粒机组	319
7.7.1 塑料网的应用与原料准备	276	9.2.4 偏心湿式热切机组和水冷模面切粒机	320
7.7.2 生产工艺与设备	277	9.2.5 水下湿式热切机组	320
7.7.3 机头设计	278	9.2.6 空中热切粒机组	321
7.7.4 塑料网挤出成型试模调机	281	9.2.7 挤出条、片料冷切机组	322
7.8 塑料条机头设计及试模调机	284	9.3 挤出造粒机头设计	323
7.8.1 聚丙烯密封条挤出成型	284	9.4 挤出造粒成型试模调机	325
7.8.2 聚氯乙烯密封条挤出成型	285	9.4.1 挤出造粒	325
7.8.3 聚氯乙烯焊条挤出成型	286	9.4.2 典型制品造粒成型试模调机	326
7.8.4 高聚合度 PVC 门、窗密封条挤出成型	287	9.4.3 废旧塑料的回收利用	330
7.8.5 采用 DOA 增塑剂的高相对分子质量 PVC 门、窗密封条挤出成型	288	9.4.4 废旧塑料的鉴别方法	332
7.8.6 电冰箱塑料门磁性密封条挤出成型	289	第10章 检测技术	337
7.8.7 仿藤条挤出成型	290	10.1 温度检测	337
第8章 电线、电缆、管线包覆机头设计与试模调机	291	10.2 压力检测	339
8.1 电线、电缆包覆机头设计及试模调机	291	10.3 速度检测	340
8.1.1 电线、电缆包覆原材料准备	291	10.4 挤出制品外形尺寸检测	341
8.1.2 电线、电缆包覆工艺流程与生产设备	293	10.5 挤出制品表面状态检测	342
8.1.3 电线、电缆包覆机头设计	294	参考文献	344
8.1.4 电线电缆包覆生产工艺	295		
8.1.5 典型电线、电缆包覆成型试模			

第 1 章 挤出成型基础知识

1.1 挤出成型设备

1.1.1 挤出机

(1) 挤出机概述 挤出机是塑料挤出成型生产线的主要设备。挤出机的主要功能是为塑料树脂挤出成型塑料制品时提供塑化均匀的熔融料，保证生产原料在工艺要求的温度范围内混合均匀、塑化充分，为成型机头提供流量均匀、压力稳定的熔融料，使挤出料坯出模平稳、形状准确、符合尺寸要求，并能顺利连续生产。单螺杆挤出机结构如图 1-1 所示。

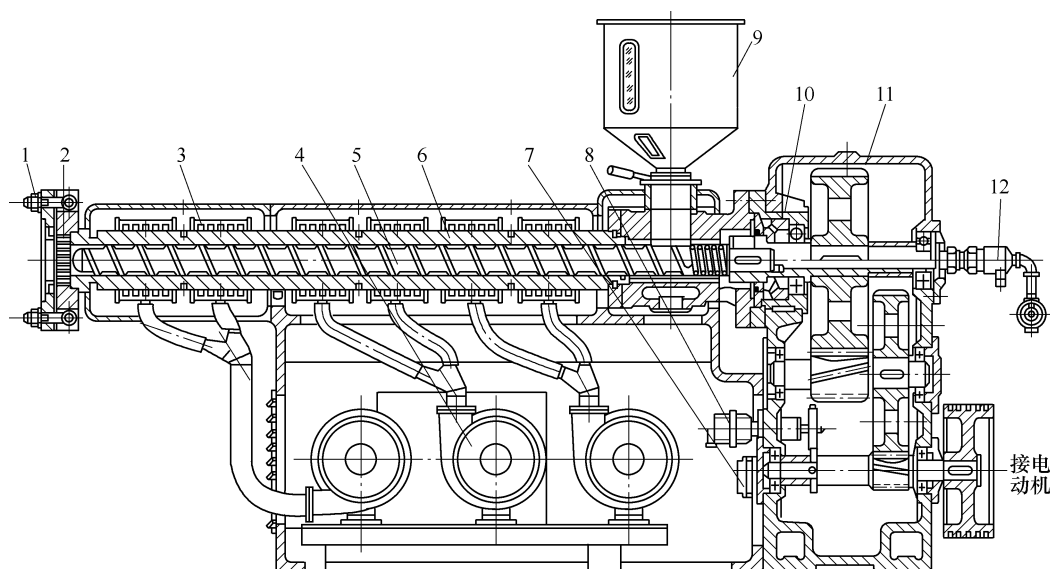


图 1-1 单螺杆挤出机结构

1—机头法兰 2—过滤板 3—铸铝加热器 4—鼓风机 5—螺杆 6—机筒 7—液压泵
8—测速电动机 9—料斗 10—推力轴承 11—减速箱体 12—螺杆冷却管

挤出机主要由螺杆、机筒、上料系统、加热冷却系统、传动系统、温度控制和电气控制系统等组成。而螺杆又是挤出机最关键的部件，它承担了对物料的输送、压实、塑化、均化、加压和推挤出的全过程。通过螺杆的转动，机筒内的塑料才能移动，得到增压和产生摩擦热。与螺杆接触的塑料被螺杆咬住，随螺杆的旋转被螺纹强制地向机头方向推进。在塑料往前推进前移的过程中，经历了温度、压力、黏度甚至化学结构的变化。为了适应不同的塑料特性，要设计各种不同结构的螺杆以生产成型各种塑料制品。单螺杆挤出机普通螺杆分为三段，分别是加料段、压缩段（塑化段）、挤出段（均化段）。挤出机螺杆的参数有螺杆直

径 D 、螺杆长径比 L/D 、压缩比 ε 等。其他参数有螺纹升角、螺槽深度、螺棱宽度、螺杆与机筒的间隙、螺纹线数、螺杆头部形状。螺杆的作用是输送固体、熔融塑料、输送熔体。熔体沿螺槽流动时分解成四种流态。

1) 正流 (又称拖曳流动) 是指塑料沿螺槽向机头方向流动, 塑料从机头挤出是靠正流。

2) 横流 (又称环流) 是塑料在螺槽内不断地改变方向, 作环形流动。横流对塑料混合、热交换和塑化起积极作用, 对挤出量不产生影响。

3) 逆流 (又称倒流或压力流动) 是由机头、口模、过滤网等对塑料反压引起的反向流动, 逆流的结果减少了挤出量。

4) 漏流也是由机头、口模、过滤网等对塑料反压引起的反向流动, 区别在于它是在螺杆和机筒的间隙缝中, 漏流的结果使挤出量减少。

(2) 挤出成型制品的用途 挤出成型制品主要有薄膜, 管材, 板材, 片材, 异型材, 棒材, 丝、绳、网、带、条、电线、电缆及管线包覆, 中空容器, 泡沫塑料, 复合材料等。

其中, 薄膜、复合材料、中空容器、编织袋、包装网、打包带、捆扎绳等广泛用于食品、药品、化工产品、精密仪器、日用品等的包装。工程塑料棒材可用于加工轴承、齿轮、管件; 塑料管、板、(异) 型材等可用于制造各种仪表盘、车门内壁、挡泥板内衬、水管、油管、气管、装饰件、门、窗、顶板、扶手、地板等。

由于塑料具有优异的耐化学腐蚀性, 因而还被广泛应用于槽、罐、管道、泵、风机、塔等内衬、填料, 可节约大量金属材料。

在电子、电信工业上, 利用塑料的电绝缘性能好的优点, 大量用于制作绝缘材料生产包覆电线、电缆、各种电器件、绝缘板等。

1.1.2 挤出机结构

(1) 螺杆

1) 螺杆的结构形式。

① 渐变型螺杆。渐变型螺杆的结构特点是螺杆的螺纹部分螺距相等, 螺纹槽的深度从加料段向均化段逐渐变浅。还有一种渐变型螺杆, 是加料段和均化段的螺纹槽深度不变, 而塑化段的螺纹槽深度由深逐渐变浅。这种螺杆结构适宜聚氯乙烯和聚乙烯等塑料的塑化。如图 1-2a 所示。

② 突变型螺杆。突变型螺杆的加料段和均化段螺纹槽深度不变, 而螺杆的塑化段 (也叫压缩段) 长度很短, 这段的螺纹槽深是突然由深变浅。这种结构螺杆适合于聚烯烃等结晶型塑料的挤出成型。如图 1-2b 所示。

③ 分离型螺杆。近几年分离型螺杆在挤出成型 PP-R、HDPE 管材中得到普遍应用, 其结构型式如图 1-3 所示。它与上述两螺杆不同之处是在螺纹部分又增加一条辅助螺纹, 从而改进了原料的塑化速度, 提高了挤出机产量。

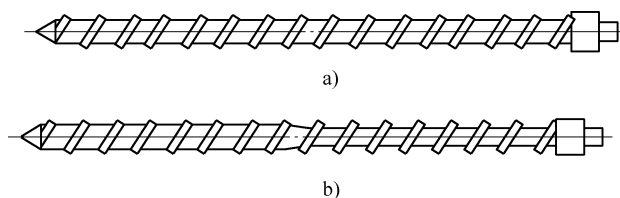


图 1-2 常用螺杆结构

a) 渐变型螺杆 b) 突变型螺杆

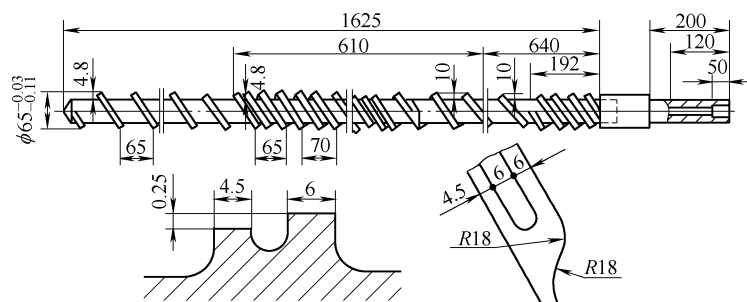


图 1-3 分离型螺杆结构

2) 螺杆的技术参数。

① 螺杆直径 (D)。螺杆直径从 $\phi 20\text{mm}$ 开始, 每加 5mm 为一挡, 目前世界最大已有 $\phi 500 \sim \phi 600\text{mm}$ 的特大螺杆, 我国生产的螺杆最小只有 $\phi 12\text{mm}$, 大的螺杆达 $\phi 400\text{mm}$ 以上。

螺杆直径是指螺杆的外径。选择螺杆直径的大小, 要根据产品规格的大小所需的熔体供胶量和产量要求决定, 见表 1-1。

表 1-1 挤出机螺杆直径和挤出制品尺寸关系推荐表

(单位: mm)

螺杆直径	30	45	65	90	120	150
管材直径	5 ~ 30	10 ~ 45	50 ~ 160	160 ~ 450	315 ~ 630	—
吹膜折径	50 ~ 300	100 ~ 600	400 ~ 1500	800 ~ 2800	1500 ~ 3500	2000 ~ 7000
挤板宽度	—	—	400 ~ 800	600 ~ 1200	1000 ~ 1400	1200 ~ 2500

② 螺杆长径比 (L/D)。螺杆长径比是指螺杆的有效工作长度和螺杆直径的比值, 用 L/D 表示。 L/D 值越大, 螺杆的有效工作长度越长, 物料在机筒内停留的时间越长, 塑化条件越好。高黏度、难塑化的塑料 (比如 PET) 需要长径比较大的螺杆, 而低黏度、容易塑化的塑料 (比如 LDPE) 可以使用长径比较小的螺杆。螺杆长径比大有利于提高产量和塑化程度, 比如目前发展很快的 PP-R 管材, 由于是无规共聚聚丙烯比较难塑化, 所以 PP-R 管材需配套专用挤出机的螺杆长径比都在 $28 \sim 34$, $\phi 65\text{mm}$ 的螺杆转速可达 100r/min 以上, 产量可达到 100kg/h 以上。目前用于 HDPE 的螺杆, 为了追求高转速、高产量, 螺杆长径比也多在 $30 \sim 34$ 。而对于交联、发泡挤出工艺要求长径比更大, 可达 40, 甚至更高 (可达 $50 \sim 60$)。螺杆长径比越高, 其塑化程度就越好。但是聚氯乙烯 (PVC) 制品螺杆不能太长, 否则会发生物料分解, 一般 $20 \sim 25$ 就可以了。所以要根据不同的塑料和性能要求, 选择合适的长径比。

③ 螺杆压缩比。螺杆压缩比是螺杆加料段第一个螺槽的容积和均化段最后一个螺槽的容积比值, 而不是螺槽的深度比值。螺杆压缩比是几何压缩比, 螺杆常用塑料压缩比见表 1-2。螺槽容积的变化可以通过改变螺槽深度来实现, 这种螺杆叫变深螺杆; 也可以通过改变螺纹的螺距来实现, 这种螺杆叫变距螺杆, 但大多采用变深螺杆来实现压缩比变换。

过大的压缩比会造成等距螺杆加料段螺槽过深, 影响螺杆强度。比如回收废塑料的挤出造粒机的螺杆压缩比高达 $8 \sim 10$, 甚至更大。为了保证螺杆能够具有足够的压缩比又具有足够的强度, 选用变距螺杆或者锥形螺杆。

表 1-2 螺杆常用塑料（几何）压缩比推荐值

塑料	压缩比	塑料	压缩比
UPVC(粉料)	3~5	PMMA	3~4
UPVC	2~3	PET	3~4
SPVC(粉料)	3~5	ABS	2~3
SPVC	3~4	PC	2~3
HDPE	3~4	PA6	3.5
LDPE	4~5	PA66	3.7
PP	3~4	PPO	2~3
PS	2~4	POM	3~4

④ 螺杆分段及槽深。根据物料在螺槽中的运转情况，螺杆通常分为加料段、压缩段、计量段。普通单螺杆的基本结构如图 1-4 所示。

a. 加料段是从加料口向前延伸的一段距离，其长度为 $(4 \sim 8)D$ 。这一段的功能是从料斗攫取固态料输送给压缩段，同时使物料受热。为便于物料输送，应尽量减少物料与螺杆的摩擦，这段螺槽较深，其深度 h_1 为 $(0.10 \sim 0.15)D$ 。

b. 压缩段（塑化段）是螺杆中部的一段，其长度 L_2 视需要而定，物料在该段受热向前运动，且由松散状态逐渐压实并转化为连续的熔体。为适应这一变化，螺槽深度逐渐变小，直至减小到计量段的螺槽深度 h_3 ，如图 1-4 所示。

c. 计量段（均化段）是螺杆的最后一段，其长度 L_3 为 $(6 \sim 10)D$ 。这一段的功能是使熔体进一步塑化均匀，并使熔体定量、定压地从机头口模挤出，所以称为计量段。该段的槽深较浅，其深度 h_3 为 $(0.02 \sim 0.06)D$ 。

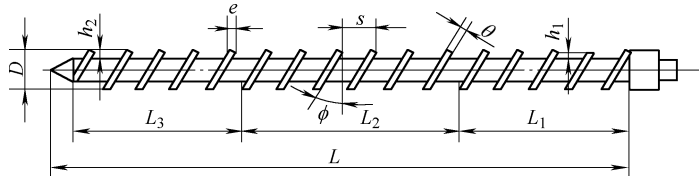


图 1-4 普通单螺杆基本结构

L —螺杆全长 D —螺杆外径 L_1 —加料段长度 L_2 —压缩段长度 L_3 —计量段长度
 h_1 —加料段螺槽深 h_2 —计量段螺槽深 s —螺纹螺距 ϕ —螺纹升角 e —螺棱宽

⑤ 螺纹升角和螺棱宽度。螺纹升角对物料的输送效率有影响。螺纹升角从制造方便的角度，通常是螺距等于直径的螺杆易加工，其螺纹升角为 17.6° ，螺旋方向为右旋，螺棱宽度为 $(0.08 \sim 0.12)D$ 。但螺槽底部较宽，其根部有圆弧过渡。

3) 螺杆的冷却。在热敏性塑料或高速挤出机的场合下，为保证下料输送顺畅，螺杆要接水冷却，如图 1-5 所示。

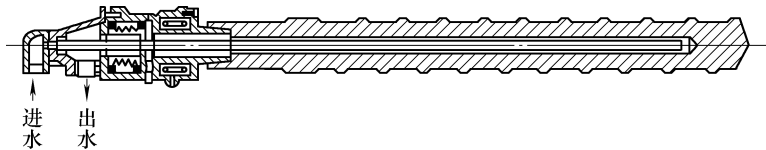


图 1-5 螺杆冷却装置结构示意图

4) 螺杆头部形状。螺杆头部形状是指螺杆的螺纹前端形状,它对熔料的停留时间有影响,对不同原料的挤出应注意选择不同的结构型式。图 1-6a、1-6b 中螺杆头部呈圆弧形状,用于流动较好的聚烯烃类和尼龙类塑料的挤出,应用广泛,一般前端要加过滤网和多孔板。图 1-6c、1-6d 所示螺杆头部锥角较小,适合于聚氯乙烯原料的挤出,此种形状可减少熔料在机筒的停滞时间,从而避免原料分解。在生产中可参照图 1-6 中所示的螺杆头部结构选取。

5) 螺杆挤出成型的优点。

① 设备成本低,制造容易,投资少,投产快。

② 生产效率高。如一台 $\phi 65\text{mm}$ 的挤出机,生产聚乙烯薄膜,年产量可达 300t 以上。

③ 可连续化生产,能制造较长的管材、板材、异型材、薄膜等,产品质量均匀、密实。

④ 生产操作简单,工艺控制容易,易于实现自动化。占地面积小,生产环境清洁,污染小。

(2) 机筒 机筒加料段的冷却结构如图 1-7 所示。机筒承受的压力较大,最大可达 50MPa,工作温度最高可达 300℃。为工作需要可开一个或多个小孔作排气孔,构成排气挤出机。为了保证塑料在加料段的输送效率,在加料段设置冷却装置,这主要是满足热敏性塑料和高速挤出的需要。

机筒的作用是将热量传给塑料,又可将热量从塑料中带走(机筒吹风冷却)。它是在高温、高压、严重磨损和有腐蚀条件下工作的。

小型机筒一般做成整体式结构,而大型的挤出机为了便于加工制造和方便改变长径比做成分段式结构,但分段式难于保证对中性要求。法兰连接机筒加热稳定性差,所以尽量少用。机筒的设计要注意如下三点:

1) 加料段的纵向沟槽。有些塑料在挤出成型时呈现供料不足的现象,这是机筒壁与塑料间的摩擦引起的,如 PP 料尤为突出,所以在挤出机进料口这一段设置沟槽是最佳选择。这些沟槽与螺杆轴线平行,并通常是直的。对沟槽的深度、宽度、形状、数量要根据不同塑料性能设计,其原则是沟槽深度大约为 1~4mm 或塑料粒料尺寸的一半。沟槽长度大约为螺

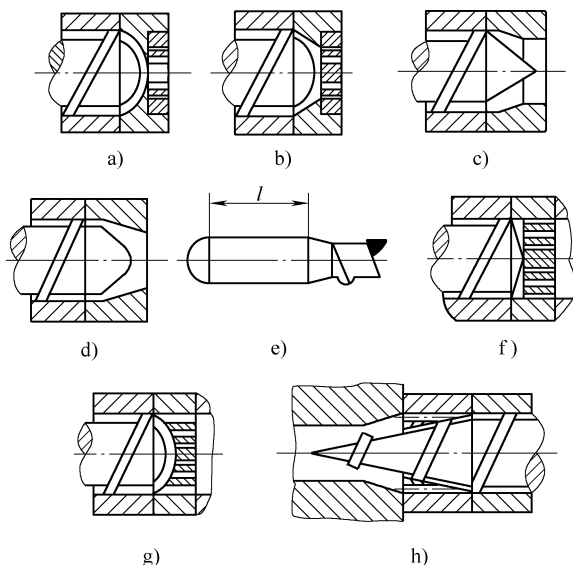


图 1-6 螺杆的头部形状

a)、b) 应用广泛 c)、d) 用于聚氯乙烯 e) 用于聚苯乙烯
f)、g) 用于熔融料流动性较好的原料 h) 用于挤出电缆料

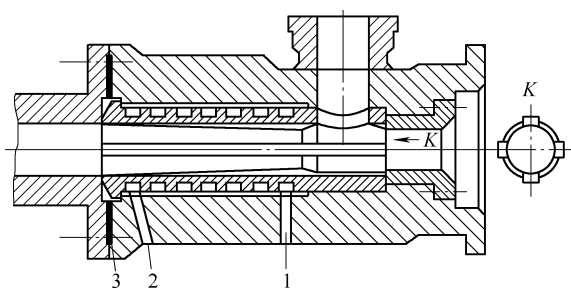


图 1-7 机筒加料段的冷却结构

1—进水 2—出水 3—隔热垫

杆直径的 2~4 倍。有了沟槽后大大提高了螺杆对塑料材料的推力，增大了进料速率，提高了挤出产量，挤出熔料更为稳定，还扩展了单螺杆机的应用范围。

2) 加料口。加料口的结构必须与塑料粒的形状相适应，使加入的塑料能从料斗中自由流入螺杆而不中断。加料口的形状多为矩形，其长边平行于轴线，长度约为 1.3~1.8 倍的螺杆直径。加料口与排气口相结合的加料口，要设计抽真空孔。

3) 机筒的壁厚。机筒壁厚主要涉及温度和时间的滞后性。筒壁的厚度大，则滞后性就会大些，所以厚度要适度为好。

(3) 挤出机的其他系统

1) 传动系统。一般由电动机和减速箱等组成，要求无级变速。

2) 加料系统。主要是料斗，料斗内有切断料流的插板、料量观察标志，较好的料斗还有定时定量供料系统、干燥和失重加料器，大的挤出机有鼓风上料、弹簧上料、真空上料，以减轻劳动强度。如果使用粉料，料斗会出现物料搭接、架空，引起下料不畅、架桥、堵塞现象，造成挤出断料，所以粉料要设置搅拌器或螺旋输送强制加料器。为防止加料口熔融造成粉料或粒料不能推动前移，在加料口设置冷却夹套，如图 1-7 所示，可控制机筒对料斗的传热，避免料斗斗座升温、物料发黏引起下料不畅。

3) 加热系统。一般用电加热，它由加热与冷却风机两部分构成，电加热升温，风机用于降温，其用途都是为了控制温度在要求范围内运行。

4) 控制系统。控制主机、辅机电动机、液压泵、汽缸和各种执行机构，使其按所需的速度和轨迹运行，同时检测主辅机的温度、压力、流量，发现问题及时调整。

1.1.3 挤出机的分类和用途

当前塑料加工中用的挤出机主要分为单螺杆挤出机和双螺杆挤出机。单螺杆挤出机又有排气和非排气之分，双螺杆挤出机又有同向旋转和异向旋转之分，还有平行双螺杆和锥形螺杆之分。双螺杆挤出机一般用在异型材、管材、板材、挤出造粒生产中。此外还有特殊挤出机。

(1) 常规单螺杆挤出机 目前我国生产的常规螺杆直径为 20~250mm，最小为 12mm，最大也在 400mm 以上。长径比多数为 25~34，最小的为 20，大的为 40、甚至 60。新型螺杆如分离型、屏障型、分流型、变流道型，以及各种混炼组件也都得到应用。

常规单螺杆挤出机由于具有结构简单、坚固耐用、维修方便、价格低廉、操作容易等优点，被广泛用在聚烯烃、聚酰胺、聚苯、聚碳、聚酯等塑料的挤出生产中，热敏性树脂 PVC 挤出生产中也大量应用。当挤出聚酰胺、聚碳、聚酯等吸湿性较强和聚氯乙烯这样挥发物较多的物料时，最好采用排气式挤出机。排气式挤出机的螺杆是专门设计的，它有一个排气段，在该段螺槽突然加深，当物料通过该段时，压力降低为一个大气压，此时就可以借助于真空泵把气体排除，而物料不会溢出。

(2) 单螺杆挤出机设备完好标准

1) 挤出机在说明书规定的转速范围内运转正常，能稳定生产合格产品，挤出量能达到核定产量的 80% 以上。

2) 传动装置运转正常，变速平稳，无异常声响振动。

3) V 带无严重磨损，松紧适中。

- 4) 减速箱润滑管路畅通, 油质合格, 油量适中, 油标醒目, 无漏油。
- 5) 加料座冷却水无堵塞, 冷却效果良好。
- 6) 机筒加热冷却系统装置完整, 工作可靠。
- 7) 安全防护装置齐全、完好。
- 8) 设备无漏油、漏水、漏料现象。
- 9) 电器元件齐全、完好, 仪表指示准确。
- 10) 电动机温升不超过电动机铭牌规定, 调速平稳。
- 11) 设备外观整洁, 无黄袍, 无油垢, 铭牌齐全清楚。
- 12) 随机附件齐全, 保管妥善。

(3) 双螺杆挤出机 双螺杆挤出机结构如图 1-8 所示。在挤出机的机筒内, 有两根螺杆在同时旋转工作, 即为双螺杆挤出机。工作时, 两根螺杆配合工作, 转速相同, 共同完成对塑料的强制向前推进、输送和塑化工作。

1) 双螺杆挤出机与单螺杆挤出机比较有如下优点。

① 原料被双螺杆挤压塑化过程中, 螺杆的转速不高, 相互啮合的螺杆中受到均匀的剪切作用, 产生的摩擦力小, 摩擦热量也少。

② 原料在机筒内受双螺杆啮合剪切作用稳定均匀、输送效率高, 塑化、混合原料质量好。

③ 原料在机筒内停留时间较短, 适合于热敏性原料的塑化成型加工。

④ 加料容易, 双螺杆挤出机是靠正位移原理输送物料, 适合于不同黏度料的塑化, 如粉料、糊状料及带状料等都适宜塑化挤出, 且混合塑化质量比较稳定, 功率消耗低, 与单螺杆挤出机比, 能量消耗要少 50%。

⑤ 工作时对原料的输送能力高, 物料在排气段能够得到充分的翻动, 从而得到较好的排气效果, 有利于产品质量的稳定。

⑥ 双螺杆啮合旋转工作, 机筒内残料可以自动清理, 并可防止物料抱住螺杆或停留分解。

⑦ 优异的排气性能。由于双螺杆挤出机啮合螺杆有效的混合, 排气部分的自洁功能使得塑料在排气段所得到的表面可以完全更新。

⑧ 容积效率非常高, 双螺杆挤出机的流率对口模压力不敏感, 对生产大面积的制品有利。

2) 双螺杆挤出机的分类。双螺杆挤出机按两根螺杆轴线是否平行可分为平行双螺杆和锥形双螺杆; 按两根螺杆旋转方向是否相同, 又可分为同向旋转和异向旋转。

① 平行异向旋转双螺杆挤出机。图 1-9a 所示为平行异向旋转双螺杆挤出机螺杆功能分段, 共分七段: 1 为加料段, 2、3 为预压缩段, 4 为压缩段, 5 为排气段, 6 为计量段, 7 为

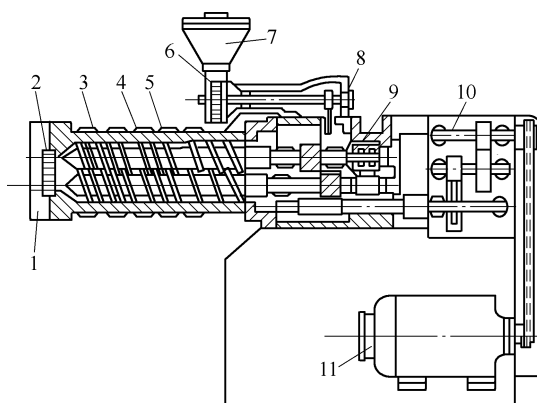


图 1-8 双螺杆挤出机的结构

- 1—连接器 2—过滤板 3—机筒 4—加热器
5—螺杆 6—加料器 7—料斗 8—加料器传动机构
9—推力轴承 10—减速箱 11—电动机

动态混合段。对超大的聚烯烃制品（如大口径管材，超宽幅膜、板、片材），以及 1m 以上的高密度聚乙烯管材，选择平行异向旋转双螺杆挤出机是最经济理想的。

② 锥形异向旋转双螺杆挤出机。图 1-9b 所示为锥形异向旋转双螺杆挤出机螺杆功能分段，共分五段：1 为加料段，2 为预压缩段，3 为压缩段，4 为排气段，5 为计量段。生产聚氯乙烯（PVC）或者氯化聚氯乙烯（C-PVC）制品时一般选择锥形异向旋转双螺杆挤出机。这主要是因为锥形异向旋转双螺杆挤出机有较好的混炼和塑化能力，能够建立较大的、稳定的机头压力，因此适合生产 PVC 类制品。挤出木塑制品选择锥形异向旋转双螺杆挤出机也是非常理想的。

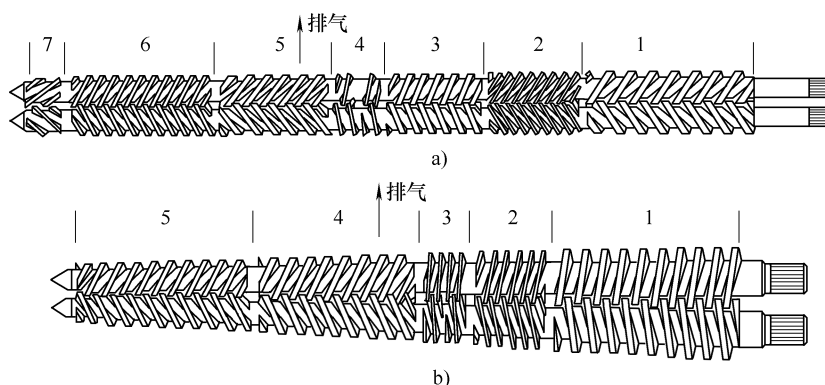


图 1-9 异向旋转双螺杆挤出机螺杆

a) 平行异向旋转双螺杆挤出机螺杆

1—加料段 2、3—预压缩段 4—压缩段 5—排气段 6—计量段 7—动态混合段

b) 锥形异向旋转双螺杆挤出机螺杆

1—加料段 2—预压缩段 3—压缩段 4—排气段 5—计量段

③ 同向旋转双螺杆挤出机。紧密啮合型平行同向旋转双螺杆挤出机的螺杆的排列结构如图 1-10 所示。由于螺杆平行且同方向旋转，啮合紧密，物料在螺槽中呈 ∞ 形螺旋运动，并且转速较高，物料所受剪切作用较大。这些特点使得同向旋转双螺杆挤出机具有优异的分散混合力、较短的机筒停留时间、优良的自清理效果等优点，因此广泛应用于聚合物的共混、填充、增强、排气（脱挥）以及反应挤出（聚合物聚合及反应型改性）等领域，例如改性塑料的造粒机组大多数都配置平行同向旋转双螺杆挤出机。但是，同向旋转双螺杆挤出机的输送效率较低，建立机头压力的能力较差，并且不容易获得稳定的机头压力，因此一般不用于直接挤出成型，而要在下游接聚合物熔体齿轮泵或接单螺杆挤出机。

(4) 双螺杆挤出机设备完好标准

1) 挤出机在说明书规定的转速范围内运转正常，能稳定生产合格产品，挤出量达到核定产量 80% 以上。

2) 传动装置运转正常、变速平稳、无异常声响和振动。

3) 工作部件无严重腐蚀、磨损。

4) 减速箱润滑管路畅通，油质合格、油量适中、油标醒目、无漏油。

5) 机筒加热和冷却系统装备齐全、可

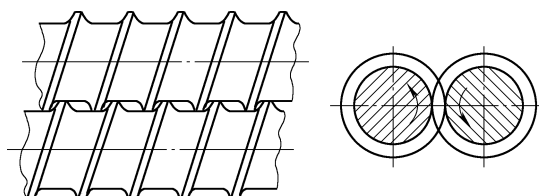


图 1-10 紧密啮合型平行同向旋转双螺杆挤出机螺杆的排列结构

靠。螺杆油加热系统齐全完好，温控精度满足工艺要求。

- 6) 真空泵工作正常，真空度符合工艺要求。
- 7) 计量加料装置变速平稳、喂料正常。
- 8) 机头压力传感器灵敏、可靠。
- 9) 报警装置灵敏、可靠。
- 10) 电器元件齐全、完好，仪表指示准确。
- 11) 电动机温升不能超过电动机铭牌上的规定。
- 12) 安全防护装置齐全、可靠。
- 13) 设备外观整洁、无黄袍、无油垢，铭牌齐全、清楚。
- 14) 随机配套附件齐全，保管妥善。

(5) **特殊挤出机** 特殊挤出机如串联式磨盘螺杆挤出机、往复式销钉螺杆挤出机、带熔体齿轮泵的挤出机、行星挤出机、多螺杆挤出机、行星螺杆挤出机等，国内均有厂家生产。华南理工大学研制的电磁动态塑化挤出机系列产品已批量生产。北京化工大学研制的 $\phi 12\text{mm}$ 手提式高速排气挤出机、 $\phi 28\text{mm}$ 熔体齿轮泵挤出机和 CPJ 75/135 串联式磨盘挤出机都是比较先进的新产品。

(6) 挤出成型的工艺参数

1) 螺杆的转速。螺杆的转速在挤出机生产线中主要是对控制装置进行调节。螺杆转速的大小直接影响挤出口模的物料量，也决定摩擦产生的热量，影响熔体物料的流动性。螺杆转速的高低根据所加工的原材料而异，要视制品的形状、产量要求和辅机中的冷却速度而调节适合的速度。

2) 螺杆背压。挤出机前的多孔板、滤网、机头调节压力的阻力元件都可以影响螺杆的背压。背压的调节可使物料得到不同的混合程度和剪切力，改变塑化质量和供料的平稳性。

3) 机筒、螺杆和机头的温度。当物料被加入挤出机机筒内时，受到外部加热装置提供的热量及物料在机筒输送挤压中产生的摩擦热量综合作用，进入机头的熔料在机头又受到机头提供的热能进一步塑化。如果温度不足塑料塑化不好，则料流动性差无法成型；温度过高会使物料过热分解，同时挤出机的挤出量也因温度的变化而受到很大影响。挤出机的温度由螺杆、机筒各段、机头各段分别设定并控制。

4) 定型装置、冷却装置的温度。挤出不同的产品，定型装置形式和冷却方式是不同的。温度的高低直接影响冷却速度、生产效率、产品内应力。若是结晶聚合物，还影响制品的结晶度、晶粒尺寸相关的物理性能。

5) 牵引速度。挤出机是连续挤出物料，进入机头，从机头流出的物料型坯被牵引出，进入定型、冷却装置，牵引速度都要与挤出速度相适应。牵引速度决定制品断面形状尺寸、冷却效果，还直接影响制品的拉伸、力学性能和纵向尺寸的稳定性。

1.1.4 挤出机的附属设备

(1) **原料干燥机** 清除干燥原料中的水分，用得最多的是料斗式干燥机。干燥方法是开动风机，风机把经过电阻加热的空气由料斗下部送入干燥室，热风在干燥室由下至上吹，使热风在原料中通过，把原料中的水分加热蒸发带走，潮湿的热气流由干燥室顶部排出。热风连续不断进出，达到干燥原料的目的。

(2) 原辅料配混机

- 1) 研磨机。对辅助原料如颜色料或一些助剂进行细化研磨处理。
- 2) 搅拌机。用于对色浆、稳定剂进行搅拌。
- 3) 混合机。把各种原料、辅料混合在一起,使其均匀混合。

(3) **混合粉料造粒机** 把混合均匀的粉料(大多是PVC料)投入造粒设备,通过造粒提供给单螺杆挤出机生产。双螺杆机可直接用混合粉料生产,不用造粒。还有用市场回收的废料和调机试模产生的废品经粉碎后再造粒掺在新原料中生产。

(4) **破碎机** 把回收的废品和调机试模的不合格品,投入破碎机粉碎供造粒机再造粒。

(5) **原料上料机** 为挤出机生产供料的设备。

1) 真空上料装置。上料风机启动时,通过吸气管和过滤网,使中间贮料仓内成为负压。与此同时,与中间贮料仓和原料箱连接的吸料管把原料箱内的原料吸入中间贮仓内。当吸入一定量时,上料继电器动作,风机停止工作,吸料停止,这时排料阀门打开供料。

2) 弹簧上料装置。把一根弹簧装在橡胶管内,用电动机直接驱动弹簧高速旋转,橡胶管下端与原料箱相通,橡胶管上端有一个开口,原料借助弹簧的高速旋转使料箱内粒料沿弹簧螺旋上升,至胶管开口处时靠离心力把粒料抛入上料斗内。

1.2 挤出机头设计与试模修改

1.2.1 挤出成型机头的分类

机头是挤出机的成型部件,它主要包括机头体、分流器(又称分流梭或鱼雷体)、分流器支架、芯棒、口模(又名模唇或口型)、调节螺栓等。

(1) 挤出机头的作用

- 1) 使来自机筒的塑料熔体由螺旋运动变为直线运动。
- 2) 使塑料成型熔体在机头型腔内形成必要的压力,确保塑料制品料坯离开口模密实。
- 3) 让塑料熔体物料在机头型腔进一步塑化均匀。
- 4) 使熔体塑料物料从机头挤出后成为所需断面形状的成型毛坯制品。

(2) 挤出机头的分类

- 1) 按挤出制品的出口方向分类。
 - ① 直通机头。料流方向与挤出机螺杆轴向一致,如聚氯乙烯硬管机头。
 - ② 直角机头(横向机头)。在横向机头内,料流方向与挤出机螺杆轴向相互成直角或某一角度,如电线、电缆及管包覆机头。
- 2) 按机头内压力大小分类。
 - ① 低压机头。料流压力为4MPa。
 - ② 中压机头。料流压力为4~10MPa。
 - ③ 高压机头。料流压力为10MPa以上。
- 3) 按挤出制品的形状分类。

① 管材挤出成型机头。管材挤出成型机头主要是挤出软质和硬质圆形塑料管状制品,另外还有塑料与塑料、塑料与金属复合管状制品。模具包括机头和定型套。借助压缩空气作

用,使型坯紧贴定型套内壁定型。软质聚氯乙烯挤出管成型模具可以用微量真空定型,或不用真空定型,而是从芯棒吹气,靠微调开关调节气量,通过管内气压支承圆度。生产设备包括挤出机、机头模具、冷却水槽装置、牵引装置、切割装置和堆放装置、软管用收卷装置。

② 异型材挤出成型机头。异型材挤出成型机头主要用于挤出硬质中空、半空、开放、半开放等断面为不规则形状的异型材、硬质和软质实心异型材,另外还有镶嵌式和分层、分色式的塑料与塑料、硬塑与软塑、塑料与金属复合异型材。模具包括机头和定型模。异型材型坯通过定型模借助真空吸附力作用,使型坯紧贴定型模内壁而定型。软质实心 PVC 异型材可以不用真空定型模定型,型坯从机头挤出后直接进入水槽装置冷却定型。在水槽或喷淋水箱前端制作一块或多块定型卡板,卡板型腔就是异型材形状,只是稍大有拉伸通过的间隙。

③ 板与片材挤出成型机头。板与片材挤出成型机头,主要是挤出板、片材和膜管坯。用挤出机成型模具可以生产厚度为 0.02 ~ 20mm 的薄膜、片材、板材等。一般习惯上把厚度为 0.02 ~ 0.25mm 的定为薄膜,厚度为 0.25 ~ 1mm 的定为片材,厚度超过 1mm 的定为板材。挤出的片材、板材有直接应用的,也有通过双向拉伸进一步提高其性能再用的,另外还有复合涂层的。板与片的挤出成型模具主要指机头,定型在辅机中进行。

④ 薄膜泡管挤出成型机头。将圆筒形状薄管坯料借助机头中心充入压缩空气吹成气泡,定型后成为管状薄膜。薄膜泡管成型模具主要指机头,定型在冷却装置中进行。生产设备包括挤出机、机头、冷却装置、夹板、牵引辊、导向辊、卷取装置等。

⑤ 线缆敷层挤出机头。又称电缆挤出成型机头。除电缆敷层外,其他金属线(如铁线衣架和阳台防盗网铁线)的敷层也相同。这种机头是将金属线连续包覆一层塑料随之冷却定型。生产设备主要包括放线机、调直辊压组、预热通道、挤出机、机头、冷却水槽装置、牵引装置、卷取装置等。

⑥ 单丝挤出成型机头。生产设备主要包括挤出机、机头、冷却装置、牵引装置(牵伸辊筒和热水箱)、热处理装置、卷取装置等。

⑦ 棒材挤出机头。棒材一般是指实心的圆棒、方棒、多角棒等,挤出成型模具包括机头和定型模套。生产设备主要包括挤出机、机头、定型冷却装置、绝热装置、制动装置、切割装置、托架装置等。

⑧ 造粒机头。造粒机头和单丝机头类似,并且比较简单。造粒工艺有冷切造粒和热切造粒,冷切造粒主要生产设备包括挤出机、机头、冷却水槽、条料牵引轮装置、冷切收粒装置,热切造粒主要生产设备包括挤出机、热切机头、风冷装置、水冷装置、脱水烘干装置、风送装置等。

⑨ 坯料挤出机头。挤出的料坯供中空吹塑制品和二次加工用。

1.2.2 挤出成型机头的设计与制造

(1) 挤出制品对机头设计与制造的要求

1) 制品的尺寸精度。塑料熔体在机头中的流动性对制品的外形尺寸精度影响很大,其次机头的制造精度、机头长期使用的磨损、塑料收缩率波动、挤出工艺和辅机特性都会引起尺寸的不稳定,所以尺寸精度尽可能低些,如吹膜纵向厚度为 $\pm 2\%$, 横向宽度为 $\pm (5 \sim 15)\%$ 。

2) 制品表面粗糙度。在成型工艺上如有不当,挤塑制品表面就可能出现闷光、波纹、

丝痕、麻面。此外模具型腔流道的表面粗糙度十分重要。一般型腔流道的表面粗糙度值 $Ra < 0.3 \mu\text{m}$ 。机头长期使用表面精度明显降低了要及时修复。

3) 形状、壁厚、加强筋。挤出制品的形状、壁厚、加强筋的要求,主要针对板材、异形材、管材等。特别是异形材,型材的截面形状应尽可能简单,壁厚尽量均匀。形状复杂的制品,熔体在机头中的流动复杂,再加上壁厚不均匀易引起制品弯曲、尺寸不稳定。熔体在口模各处的流速、压力降均不相同,给机头的设计、制造、调试加大了难度。由于壁厚不均匀,也导致冷却不均匀,易引起变形。对于中空异形材,要尽可能避免在内部再有新中空部位,同时中空型材内的加强筋其宽度和高度不得大于壁厚。

4) 圆角。型材所有两面交接处不得是尖角,应是圆角过渡,因尖角处易产生应力集中,在受力或受冲击时会发生破裂。圆角过渡增加了制品的强度,改善了熔料的流动性,可防止因应力集中而断裂。

5) 收缩痕。收缩痕通常在加强筋的反面或壁厚部分,这是熔料的冷却收缩差异引起的。为防止收缩痕,应在模具设计中尽可能使壁厚均匀,加强筋的壁厚比本体减薄 20% 以上,让加强筋与本体冷却速度平衡,或在出现收缩痕的部位设置补偿性凸缘。

6) 与非塑料件的复合制品。为了提高塑料制品的强度、耐候性,克服膨胀和收缩给制品尺寸精度带来误差,常用塑料与金属、纤维等材料复合,发挥不同材料的协同作用,如铝塑板、钢塑管、电线电缆包覆、纤维编织软管、铝塑管、玻纤软板等。一般都是一次成型,有直角进料,也有多角进料。有的难粘合的材料要求先包覆一层粘合剂后再包覆塑料层,有在口模内覆合,也有在口模外覆合等。

7) 多层塑料的共挤制品。共挤出是采用两台或多台挤出机,由共同一个模具成型单一产品,可用不同的塑料或不同的颜色复合在一起,如软硬共挤型材、多层管材、多层板材、多层薄膜等制品。这些模具的关键部分是口模定型段的合流,必须保证合流后粘接牢固。合流后在定型段的合流长度以必须确保粘接牢固为原则。

(2) 挤出成型机头的设计原则

1) 机头内腔要呈流线型。为了使熔蚀物料能沿机头型腔流道均匀地挤出成型,避免熔蚀物料因停滞而发生过热分解,决不能在机头型腔中出现急剧性地缩小和扩大,更不能有死角和停滞区。应尽量使流道光滑,建议流道型腔表面粗糙度值 $Ra < 0.4 \mu\text{m}$ 。机头内腔的流道间隙要力求对称,使其传热、压力、流量、流速均匀。

2) 机头内要有压缩区和足够压缩比。压缩区的功能是通过截面积的变化对物料产生剪切力作用,达到进一步塑化的目的。压缩比是指分流器支架出口处截面积与口模、芯棒之间的环隙面积之比。一般压缩比取 3~6 为宜。如果压缩比小,剪切力也小,塑化不均匀,易造成熔接不好。要根据塑料制品和品种不同,设计出能产生足够的压缩比的机头,以消除因分流支架造成的结合缝,使制品密实无结合缝线的痕迹。压缩比过大会出现较大的残余应力。热敏性塑料压缩比大,物料流动阻力增加,产生热分解,影响制品产量和质量。总之机头型腔内截面积不能变化太快,要缓慢变大或变小。成型时加入一定的润滑剂可改善流动性。

3) 机头应具有可调性。机头的作用是将塑料熔体料均匀分布于流道型腔中,确保熔体料从机头型腔中匀速挤出口模。可调性是指通过调节排、限流阀、调节螺栓达到局部变形和间隙改变或流道出口高度改变,以限制流道出口的压力和速度,使流量达到均匀平稳出胶。还可通过调节模体局部的加热温度来调节塑料熔体的流动压力和速度、流量,尤其是异型

材、板材的挤出,由于口模形状变化大,又不好调整,口模压力、流速、流量很难控制达到平稳出胶,往往靠试模发现问题,进行口模修改后达到平稳出胶,形状符合制品要求。

4) 正确的断面形状。由于塑料的物理性能、压力、温度、速度、收缩率、膨胀率、拉伸比等因素,造成机头口模成型断面形状与制品的真实断面形状尺寸是有差别的,设计时要考虑这些因素的影响。熔融塑料在机头型腔内处于受力状态,熔融料出模后弹性恢复产生膨胀变形,而在定形冷却收缩和牵引过程中又变小。在设计机头时应考虑留有试模后的修正余地。

5) 结构紧凑、便于拆装。在满足力学性能条件下,要设计出结构紧凑、连接严密、不易漏胶、拆装方便、易于清洗更换零件、传热均匀、耐用好用的理想机头。特别注意机头与机筒的连接、模块板型腔流道的连接处不能有漏胶现象。

6) 选材合理。由于机头磨损大,有的塑料还在加热过程产生腐蚀性强的物质和气体,因此机头要选用耐磨损、抗腐蚀、抗压抗拉强度高、有足够的冲击韧性、耐热性好、热处理变形小、硬度高的钢材制作。而且钢材的机加工性能和抛光性能非常好,有时为了提高表面程度和耐磨性能,还需对机头流道型腔镀硬铬,以进一步提高表面硬度和耐磨硬度值。一般口模、芯棒、主要型腔流道零件用调质预硬不锈钢制造,如718、S136H等,不但硬度高而且抛光性能好。包覆、造粒机头口模要淬火,使硬度达到50~55HRC。

7) 根据不同的加工对象,对机头有不同的要求。例如:吹塑机头主要消除膜管的结合线,使制品厚度均匀。管子机头主要保证壁厚均匀,又便于调节。而板片材机头要求口模唇全长出胶速度均匀一致,板的厚度完全一样。对于异形材机头在保证壁厚一致均匀的基础上,还需要特别考虑制品的断面形状不会发生变形,而无法定型。旋转机头也就是编织网机头必须保证口模在旋转过程中密封性要好。在生产挤出过程中由于口模在连续不断地旋转,如果密封性能不好就很难保证口模不漏胶。

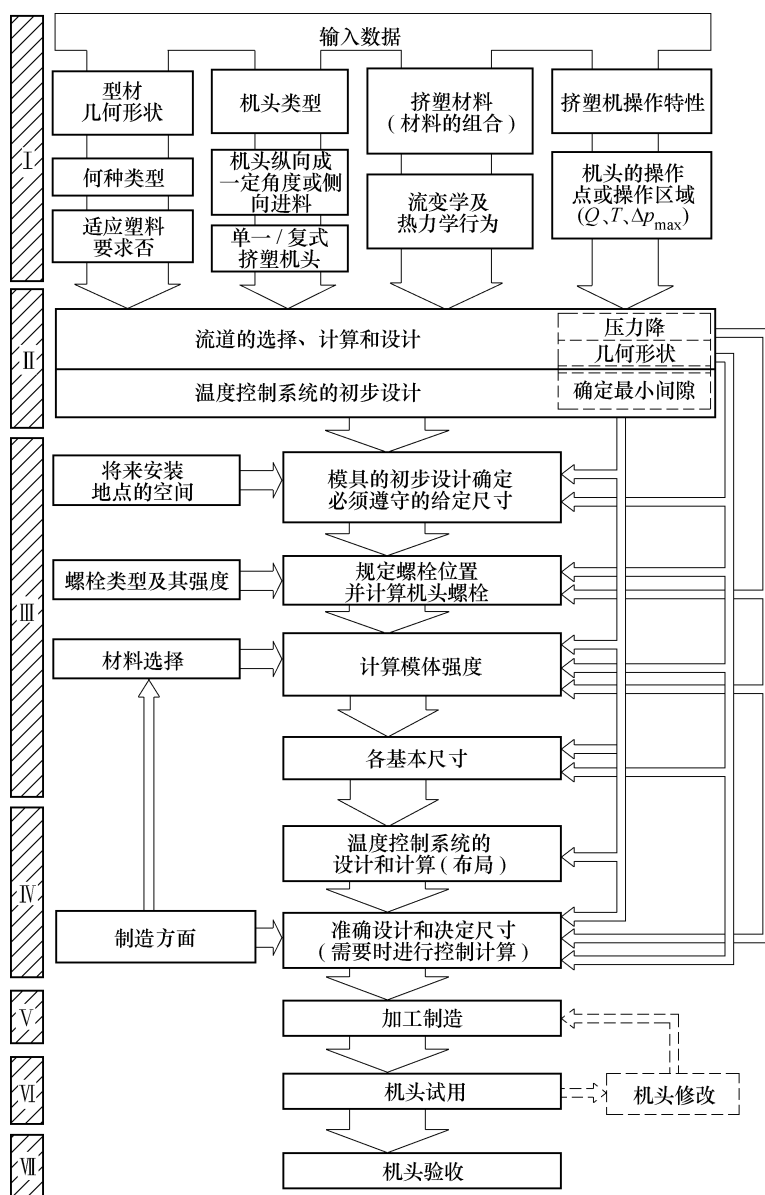
8) 大型机头由于体积大,又长又重,要设计带支承架的移动装置,支承模体不下垂,不变形。还要合理设计加热测温装置,如大芯棒要设计插入发热棒加热。大型的板材机头、管材机头要分区、分段进行温度控制,通过对温度变化的调节,达到对挤出压力、流量、流速的合理控制。

9) 对于厚薄不均,有很多内腔筋或功能块的复杂机头,为了防止串胶、型腔压力变化,采取先分后合的原则,设计机头时把不一致的型腔分开隔离流动,而在口模定型(直线段)合流,合流后流程长短决定粘牢牢固度。

(3) 挤出机头的设计程序 如图1-11所示,设计者可根据顺序号和箭头指向进行挤出机头的设计。

(4) 挤出机头应具备的特性

- 1) 在一定的挤出压力下达到一定的产量。
- 2) 熔体在口模出口断面上各点的流动速度相等。
- 3) 能挤出规定的制品形状和尺寸。
- 4) 在高剪切速率下不发生熔体破裂。
- 5) 具有足够的压缩比,形成必要的机头压力。
- 6) 无料流停滞及分解现象,型腔表面粗糙度值 $Ra \leq 0.4\mu\text{m}$ 。
- 7) 加热源及温度控制精确。
- 8) 融体接触表面连接处密封良好,无溢料现象。



成功的挤出成型机头必须能够生产符合要求的制品，还能适应制品的物料特性，保证制品强度指标；机头要能顺利安装在挤出机连接法兰盘上，并能在规定转速下工作，经精心试模调机后得到合理的成型工艺参数。一般试模都会发现一些问题，经过分析修改再试模验证完善。

(2) 模具性能的认定 在试模中要从以下四方面分析。

- 1) 物料特性造成对挤出机的不适应性。
- 2) 挤出机主机和辅机的技术规范对该制品配置的合理性如何。
- 3) 成型工艺条件能否满足该制品的生产要求。
- 4) 挤出成型机头的设计和制造是否存在问题。

(3) 对模具设计与制造方面的问题认定 从以下几方面考虑：

- 1) 机头压力降分布是否合理，出口压力是否平稳。
- 2) 机头各处的流速是否相等，出口速率要一致。
- 3) 流道型腔结构是否适应物料特性。
- 4) 芯模与口模定型段长度 L 和间隙计算与选择是否适当。
- 5) 机头总压力降是否符合机头设计参数要求。

另外，对定型模出现的问题也要高度重视，及时整改。找准问题，对症整改是关键。

(4) 试模过程的模具整改工作 当经过初步工艺参数调节，坯件断面形状尺寸不合要求，口模出胶速度流量不平稳一致，就要修改机头模具。

1) 设计修改。很多异型材模具无法对口模调节。一般口模板是按产品截面形状基本尺寸适当加点拉伸尺寸量设计的，原则上是不修改口模板，而是对后面的压缩板和过渡板进行修改。对口模流速快的后模块采取减小供料型腔，对口模流速慢的后模板采取疏通加大供料量，减短口模定型段（平直段）长度。对设计不合理的分流锥和分流板的加强筋也可修改。

2) 制造修改。无法调节的异型材机头，对出胶过慢的口模型腔间隙用打磨的方法扩大一些，对出胶过快的口模间隙可在口模的后板减小向口模板供料的间隙，减小料速料量。可用氩弧焊点焊后再打磨抛光。无非是开（加大口模间隙）和堵（减小料流量）。

3) 工艺修改。对宽大口模，口模中间和两端分别温控便于调整温度，温度高的部分料流量大，温度低的部分相反。对出胶不稳定又不好控制的加装熔体齿轮泵，或用电脑闭环控制自动调节对应相关工艺参数。

(5) 机头的安装

- 1) 挤出机的出口，也就是出料端与机头之间要放置多孔板（又叫分流板）。
- 2) 机头安装到挤出机头部时，要注意方向，异型材和特种管材等都有方向要求。
- 3) 机头安装后要注意分流器支架（管材）与模体上气孔的气孔，以及其他有通气孔的机头气孔的接通情况。
- 4) 口模与芯模应同心。
- 5) 调节螺栓要把口模间隙，或阻压块初步调到合适的位置。
- 6) 需要密封的端面要压紧，防止漏料。
- 7) 机头法兰与挤出法兰间的连接要均匀压紧，几个螺栓的压紧力要一致。在机头加热后，对相关压紧螺栓应适当再加压一次，再度压紧更为可靠。
- 8) 机头外的加热圈安装时应包紧机头，发热板（或圈）不能与机头外壁留有空隙，要贴在外壁上，安装好发热件后再装热电偶，并接通电源。
- 9) 有些和机头相连的定型模也必须在开机前和机头一起安装好，并把要连接的水管、真空管路一起接通。
- 10) 机头安装好后，检查机头中心线与后面的所有辅机中心线是否一致，如有差异应

及时调好，使在一条直线上。

(6) 成型机头被损坏或产生工作故障的原因

1) 成型机头模具材料选材或热处理不当，不能满足工作条件要求，造成机头工作一段时间后就变形、被腐蚀或严重磨损。

2) 安装、拆卸成型模具中的零件时，用铁锤敲击零件，造成模具零件变形或表面粗糙度被破坏，工作面有撞击伤痕。

3) 分流锥角过大，对熔料流动阻力过大，引起分流锥支架加强筋折断。

4) 口模、芯棒的工作面硬度低，流道型腔严重磨损，造成表面粗糙，无法保障塑料制品外形尺寸和表面粗糙度要求。

5) 在机头口模调整时，工作程序有错误造成调紧螺钉折断，口模变形无法使用。

6) 口模出料不匀。机头体各部位温差比较大，口模与芯棒之间的间隙不均匀，口模出料部位被异物或焦料局部堵塞，机筒加料口部位进料有架空现象，进料不稳定而出料不匀。

7) 物料易分解。分流锥角度大，料流道表面粗糙，有滞料区，内腔各板块件连接过渡弧线有死角，模具腔内压缩比过大。

8) 机头模具侧面漏料。连接螺栓拉伸变形，零件接触面的表面粗糙度差，端面接触不严密，紧固螺钉拧紧力不均匀，模唇口堵塞，机头体内压力增大，机头模具升温后没有重新紧固连接螺栓。

(7) 机头设计与制造质量对制品的影响

1) 口模与芯棒同心度误差大时，制品的截面几何形状尺寸误差大，制品弯曲，表面有横向皱纹。

2) 分流锥角度过大时，制品表面有焦斑，料流阻力大，在机头内易分解。

3) 定型段比较短时，制品表面有纵向纹线，表面无光泽、粗糙，制品截面几何形状尺寸误差较大。

4) 压缩比小时，有纵向接缝线，截面形状误差大，制品不严实，强度差。

5) 料流道表面粗糙时，制品表面无光泽，表面还有焦斑。

6) 定型套内表面不光滑、有划伤时，制品表面无光泽，表面有纵向沟纹。

7) 机头各部位温度误差大时，制品截面几何形状尺寸误差大，有表面水纹，色泽不一，制品容易弯曲。

1.2.4 挤出成型中的异常现象、产生原因及解决方法（见表 1-3）

表 1-3 挤出成型中的异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
尺寸不合格	①牵引收缩量大,纵横尺寸变化失调,机头温度过高,收缩加大 ②真空抽吸力不够,或定型模漏气 ③冷却不够充分,局部冷却滞后,型材冷却不平衡,产生冷却变形 ④模具型腔尺寸设计不合理 ⑤机头型坯挤出口模时流速不均,牵引时局部收缩不一致,定型密封差 ⑥牵引过快冷却不完全,产生牵引变形。	①调整拉伸比,降低机头温度 ②提高真空度,消除漏气现象 ③降低挤出速度,加长水箱,使冷却充分,对难冷却部位改进设计,或增强冷却效果 ④修改设计,特别对冷却定型不能完全定型的部位 ⑤修正机头,使出口流速均匀 ⑥降低挤出速度,增加水流量和控制水温

(续)

异常现象	产生原因	解决办法
尺寸不稳定	①进料波动,干粉架桥,下料段温度偏高 ②混料不均,或料斗下料量过小。机筒未充满,塑化不良 ③机头加热圈接触不良或损坏 ④牵引不稳定	①接通水管,放水冷却进料段 ②检查混合料,做到混合到位,加大料斗下料量 ③检查加热圈安装正确性,若损坏换装新加热圈 ④检查牵引机运行状况,调节牵引速度在最佳状态
型材弯曲	①机头挤出型坯的速度不均,一边快、一边慢 ②冷却不均匀 ③定型模阻力大,牵拉时产生内应力,使制品存在残余应力	①修正流道,检查调整或更换加热圈 ②检查水流道布局,对冷却慢的部位加强冷却速度,实现平衡,适当降低牵引速度 ③修改定型模有阻力的部位,减少真空度,用慢冷方式定型
筋附近表面出沟或暗痕	①筋的挤出速度低于壁的挤出速度 ②筋的冷却速度慢,产生后收缩 ③阻流块或支架板的支架筋使相应部位出料不均	①修正机头筋的挤出速度,使筋和壁挤出速度基本一致 ②增大筋的供料压力,在筋与交接处的壁面加大真空力度。多占真空孔或加多加大真空槽 ③减薄阻流块或支架筋
型材表面有斑点、条纹、鱼眼、气泡等	①原料有杂质 ②原料有水分或挥发性物料含量高 ③排气口进料脱落 ④混用聚合度不同的树脂或再生料的比例不当。	①清除原料杂质 ②将原料水分烘干,减少挥发物料含量 ③重新配制混合料 ④提高机头的挤出温度
表面出现黄线	①原料热稳定性差,配方中润滑剂分量太小 ②机头流道有死角,相配合的零件不严密,有存料缝隙 ③入料口和多孔板有死角	①检查配方,提高热稳定性,调整挤出温度 ②清理修正机头,清除死角和缝隙部位 ③修理入料口,换多孔板
型材角部不饱满	①机头角部料流速度慢,或供料不足 ②真空吸附力不足 ③机头挤出中心未对齐,错位过大 ④牵引速度不稳定,或过快	①修理流道 ②提高真空度 ③调整机头中心位置 ④调节牵引速度
离模膨胀过大,影响定型	①挤出物料温度过高 ②挤出速度高,剪切力过大 ③压缩流道压力过高	①适当降低温度 ②适当降低挤出速度 ③减少稳流腔的压力
型坯在定型模中滑移不正常	①机头出料不均 ②型材冷却过程中抱紧定型模腔凸台,或堵塞在缝隙槽口中 ③冷却变形,摩擦阻力增大 ④各段定型模与水槽同心度差	①修正机头出口型腔 ②修改槽构和凸台面的尺寸 ③改进冷却系统,使冷却均匀 ④校正定型模与水槽的同心度
型材力学性能差	①配方体系有问题,物料不均匀,塑化不好 ②挤出工艺参数有问题,如螺杆转速不当、湿度过高、压缩比大小 ③机头压力太低 ④冷却后内应力大	①调整配方 ②调整工艺参数 ③增大压缩比,适当增长流道定型长度,适当增大挤出压力 ④修正流道,使筋和壁的熔料流速相近,防止激冷,均匀冷却

1.3 挤出成型设备试模调机

1.3.1 挤出机的调试

(1) 单螺杆挤出机生产操作注意事项

1) 每次挤出机开车生产前都要仔细检查机筒内和料斗上下有无异物,及时清除一切杂

物和油污。

2) 发现生产设备工作运转出现异常声响或运转不平稳, 自己不清楚故障产生原因时, 应及时停车, 找相关人员解决处理。设备在开车运行中不能对设备进行维修, 更不能用手触摸传动零件, 以防止发生损伤事故。

3) 拆卸、安装螺杆和机头各零件时, 不许用锤子敲击零件, 必要时应垫硬木敲击或用橡皮锤敲击拆卸安装零件。

4) 如果机筒内无生产原料, 螺杆不得在机筒长时间转动。若需空运转, 时间要在 2 ~ 3min 之内。

5) 挤出机在生产中出现故障, 操作工在排除处理时, 不能站在挤出机正面对着机筒和机头模具, 以防机筒内突然喷出熔料伤人。

6) 挤出机正常生产时也要经常观察主电动机电流表的指针摆动变化, 出现超负荷不稳状态要及时停车, 查出故障原因并立即排除再继续生产。

7) 检查轴承部位、电动机外壳的工作温度时, 要用手先靠近试探是否散出热量, 没感觉再去摸是否过热。

8) 清理机筒、螺杆和机头模具上的残料时, 必须用竹片或铜质刀片清理, 不许用钢刀或火烧烤零件上的塑料残料。

9) 挤出生产中, 操作工不许离岗做其他工作, 必须有事要离岗可请人看管或停机离岗。

10) 不允许未经培训的员工单独操作生产。

11) 清理干净螺杆如果暂时不用, 应涂一层防锈油, 并包扎好垂直吊挂在通风处。

12) 长时间停产不用的挤出机, 机头模具要清除残料涂上防锈油, 并把进出胶料口用油纸封严。机筒和机头模具上不许堆压重物, 避免长时间受压引起变形。

13) 新投入生产的挤出机生产线上的各种设备, 试生产 500h 后应更换各油箱的润滑油(脂)。轴承、油杯、油箱和输油管道要全部清洗一次, 再换新油, 并加足量。

(2) 双螺杆挤出机生产操作注意事项 双螺杆挤出机的生产操作程序与普通单螺杆挤出机的生产操作程序基本相同。但双螺杆机筒内有两根螺杆啮合工作, 机筒供料是由螺杆式喂料装置强制加料, 这使得它的控制系统要比单螺杆机复杂得多, 双螺杆机注意事项如下:

1) 为了保证双螺杆挤出机能稳定、正常生产, 双螺杆与机筒的装配工作间隙应符合表 1-4 的规定。

表 1-4 双螺杆与机筒的装配间隙

(单位: mm)

螺杆直径	25 ~ 35	45 ~ 50	65	80 ~ 85	90	110	140
异向旋转双螺杆	—	—	0.20 ~ 0.35	0.20 ~ 0.38	—	0.30 ~ 0.48	0.40 ~ 0.60
锥形双螺杆	0.08 ~ 0.20	0.10 ~ 0.30	0.14 ~ 0.40	0.16 ~ 0.50	0.18 ~ 0.60	—	—

注: 锥形双螺杆直径是指小端螺杆直径。

2) 检查核实双螺杆和喂料用螺杆的旋向应符合生产要求。

3) 机筒的各段加热恒温时间要比单螺杆机筒加热时间长, 一般不少于 2h。

4) 双螺杆挤出机空运转试车应在机筒加热后进行, 而且应先用手板动联轴器或皮带, 转一下无异常, 灵活无阻滞现象再开车。

5) 双螺杆驱动电动机起动前,应先起动润滑油泵电动机,调整润滑系统油压至工作压力的1.5倍,检查各输油系统是否有渗漏现象。一切正常后调节溢流阀,使润滑油系统的工作油压符合要求。

6) 机筒内无生产用原料,螺杆空运转试车时间越短越好。为防止螺杆间摩擦和螺杆与机筒产生摩擦,划伤机筒或螺杆,螺杆低速运转时间不应超过2~3min。

7) 双螺杆机筒用料由螺杆式喂料机提供,注意初生产强制螺杆加料时,料量加入机筒要少而均匀。注意螺杆驱动电动机的电流变化,出现超负荷电流时要减少料量的加入;如果电流指针摆动比较平稳,可逐渐增加机筒入料量;出现长时间电流超负荷工作时,应立即停止加料,停车检查故障原因,排除故障后再开车生产。

8) 双螺杆挤出机的塑化螺杆转动、喂料螺杆的强制加料转动及润滑系统的油泵电动机工作为联锁控制。润滑系统油泵不工作,塑化双螺杆电动机就无法起动;双螺杆电动机不工作,喂料螺杆电动机也无法起动。出现故障紧急停车时,按动紧急停车按钮,则三个电动机同时停止工作。此时要及时把三个电动机的按钮都调到零位,并关停其他辅机,使整个生产线都停止工作。

1.3.2 挤出机头的调试

(1) 挤出机头的使用要求

1) 挤出机头组装前对组成零件要清洗干净表面型腔内的污物,清除毛刺后才能在清洁台面组装。

2) 机头在组装和拆卸过程中,要做到轻拿轻放,不允许用锤子敲打零件表面。使用橡皮锤打压,不能伤损零件表面和型腔面,确保机头质量。

3) 机头安装在挤出机筒前的法兰上,放好多孔板、过滤网,安装要牢固,压紧多孔板,防止漏胶。

4) 机头上的螺栓在组装前,对螺纹部分要涂一层高温黄油再旋入螺孔,以防止高温粘接拆下困难。为防止零件受力不均匀,造成连接件两平面不能靠紧严密而胶料漏出,紧固螺栓时要按对角线方向一对对拧紧。

5) 以管为例用螺栓调节管子壁厚不均时,应先松开管壁薄的这一边的螺栓,然后再紧固管壁较厚这边的调节螺栓。不要不先松就拧紧螺栓而把机头零件压损,或螺栓损伤丝扣,造成机头不能再使用。

6) 当机头口出料处粘料时,决不能用钢刀刮、铲口模的残余料,而要用竹或铜片,以防止划伤口模工作面,造成产品质量下降。

7) 机头口模出口刮伤后要及时修复,应采用油石或砂布打磨修整。

8) 完成任务后的机头要及时轻拆下机筒,把机头出口的残料和型腔的积料清理干净后涂上防锈油保护型腔,用纸片涂油封好机头进、出料口,把机头存放在干燥通风的架子上。机头不能堆放,也不能压重物,防止机头受压变形。

(2) 机头设计与制造、使用不当对质量的影响

1) 制品表面有熔接线,主要是型腔流道压缩比太小引起的。由于料流压力小,物料通过分流器支架形成的分流线不易消除,设计时一般压缩比取3~6为宜。

2) 产品表面有纵向痕迹,主要是机头口模有毛刺,或定型口模有毛刺、划伤,或机头

口模有残料黏附，划伤出料坯引起。

3) 产品截面形状尺寸误差大，主要是模体各部位温度不稳定有差异，口模与芯棒的定直部分太短造成。

4) 产品表面不光滑，主要是模具温度太低，定形套工作面粗糙，真空槽粘有污物造成。

5) 产品冷却后变形，主要是机头压缩比小或型腔设计结构不大合理，型坯冷却不均，内应力不平衡引起。

6) 产品表面有黄色痕线，主要是分流锥角过大，型腔流道有滞流区或台肩阻流，造成料流分解变色。

7) 产品表面有云雾状。包括机头结构不合理，型腔内熔蚀料流速度不一致，模体温差大引起料流速度不一样等因素。

8) 模体或口模、模唇严重变形。原因有选材不合理，材质达不到强度、硬度、刚度要求，热处理调质、淬火不达标，高温和挤压引起变形。重要零件要用调质钢，易变形的口模、模唇要淬火加硬。

9) 调节螺栓变形或折断。螺栓强度不够，螺栓选用配置直径小、数量少，或者调整方法不对，不是成对扭紧，拧紧力不均匀，拧紧力过头。

10) 机头模具侧面漏料。连接螺栓强度不够，受热、受压拉伸变形；零件表面光洁度不够，端面接触不严密；或拆卸装备用硬件锤击模块平面，使平面受伤不能紧密结合；螺栓紧固拧紧力各部位不均匀，拧紧方法错误，不是成对紧固；模唇口堵塞料流挤不出，引起机头型腔压力过大；机头模具升温后由于受热膨胀螺栓拉伸，模具加热后没有重新再拧紧连接螺栓。

(3) 挤出机头（模具）的安装、调试

1) 拆卸或安装机头（模具）以及拆装各零件的过程中，不得用铁锤敲击，必要时应垫硬木或用橡皮锤拆装机头及零件。

2) 在挤出机的生产过程中或者暂时停车过程中，操作人员不许正面对着机头（模具），防止机头熔料喷出伤人。

3) 当机头口模有残料黏附时，不得用钢刀片刮铲，应用竹片或铜片刮除，以防止刮伤口模。

4) 当新机头试模出现出胶不平稳，形状不合要求时，首先进行调节。如果调节解决不了问题，形态相差较大，就要改换口模或芯棒，对不合理的尺寸进行修改并重新加工。如果只是局部尺寸不合格，又相差不多，可进行局部修正处理。

1.3.3 挤出成型生产线设备的调试（从主机到辅机）

(1) 挤出主机调试

1) 开机前的准备工作。

① 开机前要全面检查所有设备上的螺栓、螺母是否松动，有松动的要拧紧，各运动部位是否加足润滑油，油箱的润滑油是否在规定范围内。

② 检查料斗内是否清洁，有无杂物和砂粒、铁屑等。

③ 检查开机用的原料质量是否合格，粒料大小是否均匀，料是否潮湿，要干燥的料是

否烘烤,料内有无杂质,料的牌号是否符合工艺要求,把合格料加入漏斗。部分塑料在生产前的干燥达标要求见表1-5。

表1-5 部分塑料在生产前的干燥达标要求

塑 料 名	干燥条件要求	要求含水量
聚氯乙烯	不烘	
聚乙烯	不烘	
聚丙烯	不烘	
ABS	常压鼓风烘箱,80℃,4h	
聚酰胺	沸腾干燥,常压鼓风烘箱,80~90℃,8~12h	0.3%以下
聚碳酸酯	沸腾干燥,130℃,1.5h。常压鼓风烘箱,130℃,6h	0.03%以下
聚碳酸酯-聚乙烯	常压鼓风烘箱,120~130℃,4~6h	0.05%以下
氯化聚醚	不烘	
聚砜	常压鼓风烘箱,140℃以上,4h	0.05%以下
聚甲醛	常压鼓风烘箱,100℃,4h	
聚苯醚	常压风烘箱,130℃,4h以上	0.1%以下

④ 确认机筒清洁,无异物卡螺杆后,安装过滤网、多孔板和成套调试的模具。

⑤ 模具安好后再把芯模发热棒、模周边发热圈装好,连接好测温热电偶,并把口模间隙用调节螺栓调整好,使缝隙均匀。

⑥ 把定型模安装好,接通压缩空气、真空管、冷却水管

⑦ 检查主机机头、定型模水槽、牵引机、收卷机或堆放台架在一条中心线上,并中心高度一致,定位固定。

⑧ 开启电源,给机筒、机头加热,并按工艺要求设定各段温度值,待温度达到设定值时再保持恒温30~60min左右。冬天或气温在12℃以下工作时保持恒温的时间要求1.0~1.5h,使内外温度一致,并稳定各部位温度后才允许开机。

⑨ 检查辅机,如牵引机、切断机等运转是否正常,用手搬动应活动自如、无杂音,有问题及时修复。起动润滑油泵加油,查看真空定型套安装是否到位,真空管接通是否良好。

⑩ 检查安全装置和报警装置是否完好,操作场地应无杂乱堆放,行走通畅。螺杆转动方向正确,油、水、气管路畅通,不渗漏,电路有接地保护,重要连接螺栓开机前再拧紧一次。

2) 开机操作。

① 用手拨动带轮看螺杆转动是否灵活,有无卡滞或存留塑胶是否熔蚀。确认没问题后低速起动螺杆驱动电动机,观察电压表、电流表指针摆动是否正常,螺杆转动是否平稳,各传动部位零件工作声音是否正常,一切正常后才可投料。

② 拉开料斗门缓慢均匀投料,在缓慢投料过程中观察电流表、电压表指针变化情况和螺杆转动是否平稳,如无异常现象,可逐渐增加供料量,直到口模出胶料。

③ 管坯挤出口模后要先观察出料的塑化情况,待熔蚀料均匀正常后,管坯出模成直线型就正常。如管坯是偏斜的要调整口模与芯棒的间隙,先松开管坯薄壁边的调整螺栓,也就是管坯弯曲的方向,再紧管坯壁厚边的调整螺栓,直到管坯直线射出为止。

④ 开起牵引机和切割机、真空泵电动机,打开水、气、真空开关。

⑤ 把管坯引向真空套进入冷却水槽,真空定型冷却后,起动切断机,取样检查质量尺寸情况,根据情况再调节工艺参数值。按不同情况对加热温度、螺杆转速、口模间隙、气

压、真空度等工艺参数分别调整,直到产品质量完全合格,再启动喷码机或印字机。

⑥ 稳步提速,先提高螺杆转速,适当提高加热温度,相应同步提高牵引速度,检验产品尺寸是否合格。如还有不合格项再相应调节,直到完全合格,达到高产、优质、稳产的要求。

3) 停机操作。

① 关闭料斗闸板停止供料,把螺杆转速降到最低。

② 关闭机筒、机头加热电源,起动机筒冷却风机。

③ 待口模不出料、机筒料空时,关闭螺杆驱动电动机、牵引电动机,切断电源。

④ 关闭压缩空气开关和真空泵及真空开关,关闭冷却水。

⑤ 把机头从螺杆前端拆下,清理残料,用铜、竹片刮削。清理多孔板、过滤网的残料。

⑥ 如果机头暂时不用,要清理干净后涂油装配在一起,封严进、出料口,摆放在干燥通风的架子上。

⑦ 排净水槽积水,关闭总电源和供水总开关。

⑧ 清理挤出生产线设备和周边环境,整理好工具、产品、剩余原材料。

4) 生产中异常现象紧急停机操作。挤出生产运行过程中,有时遇上突然停电或机筒内进入异物导致螺杆突然停止转动的故障,此时处理方法如下。

① 立即关闭各电动机开关、电加热开关、供料系统开关或闸门,断开各控制旋钮或调到零位。

② 如果机筒内是聚氯乙烯料,或是螺杆因机筒内有金属异物不转动,此时应起动机筒降温,并拆卸机头模具,退出螺杆。然后清除模具、机筒、螺杆上的粘料,待故障排除后再安装螺杆和成型模具,重新加、升温,准备继续生产。

③ 如果机筒内是 PP、PE 料,只要把各电动机、加热装置和供料系统开关切断,各控制旋钮调到零位,等上电后再按开车程序开机操作。机筒成型模具加、升温达到工艺设定温度后,还要保持恒温 2~3h,用手扳动皮带轮应转动灵活正常,起动机筒润滑油泵 3min 后再低速起动机筒电动机工作,按正常开机规程操作。

5) 挤出成型工作过程的检查事项。

① 运行设备运转不正常、局部有响声或有振动,应及时停车找维修人员解决。不要自行在运行中维修或用手拨动运行零件。

② 机筒无塑料原料空运转时间不得超过 3min,以免造成螺杆磨损。

③ 在调机调模过程中,操作人员不得面对机筒出口或机头成型口模,防止熔蚀料喷出伤人。

④ 设备运行过程中,操作人员要经常查看电流表、电压表指针摆动情况,不得长时间超载运行,超载要及时处理排除。

⑤ 对轴承部位和电动机外壳要用手经常摸一下温度是否过热,过热要及时处理。

⑥ 机筒要有足够的加热保温时间,不允许机筒塑料未完全熔蚀状态下,或低于工艺温度条件下开机生产。

⑦ 检查安全护罩安装牢固度,报警安全装置是否准确可靠。

⑧ 在机器运行中操作者不能离岗,特殊情况离岗可暂停机或找人代管。

(2) 挤出辅机牵引机操作调试 常用牵引机由两条履带或橡胶带、直流牵引电动机、

调速器、升降电动机、气动调节装置组成。上履带或橡胶带由气缸控制，下履带或橡胶带由直流电动机控制，牵引速度和牵引力矩由直流电动机控制。工作原理是由直流调速器控制牵引速度，用气缸的气动回路控制履带间距的压紧力和松开度，以及一个手轮调节带轮的高度。

1) 开机。

① 打开气源，并把气源压力调为 0.5 MPa，小管、薄管气压可调低点。

② 按管径要求调节好履带高度和压紧力。

2) 停机。

① 按下履带放松按钮，把上履带向上升起。

② 调节速度按钮，降低牵引速度。

③ 按下停止按钮，停止牵引电动机运行。

④ 关闭气源。

(3) 挤出辅机切割装置操作调试 飞刀与圆锯片切割大多数都是自动定长切断，其结构与工作原理如下。

1) 结构简介。行星自动切割主要由夹紧、切割、旋转、复位、吸尘、翻料几部分组成。夹紧部分包括前上、前下、后上、后下四个气缸（四对履带）。切割部分包括切割电动机、液压泵电动机、油路换向电磁阀、切割锯片、位置行程开关、换向器。旋转部分包括旋转电动机、电磁制动器、旋转定位开关、变频调速器。复位部分包括复位气缸、机械减振器、气动减速装置。

2) 工作原理。行星切割分为手动和自动控制两部分。

手动控制时，旋转、吸尘、翻料可单独进行操作。但夹紧、切割部分的控制是有条件的，只有夹紧后才能进行切割，只有当切割完成后才能松开夹紧（当起动切割后，在规定的时间内如果不旋转，则会自动停止切割，松开夹紧）。复位按钮的作用是在动作过程中取消相应的动作，以及在出现故障时进行系统复位。

自动控制时，当控制系统接到切割信号后，各部位动作顺序依次为夹紧气缸动作→切割电动机、液压泵电动机、液压阀动作→测量锯片行程→行程到位→旋转电动机动作→延时松开夹紧→复位→等待翻料→接到翻料信号→翻料→准备下次切割。

切割机的旋转速度可调，可根据所切割的管材直径大小，调整切割机的旋转速度。管径越大，对应的切割机旋转速度越小；反之，管径越小，则对应的切割机旋转速度越快。

切割机的进给量为 40mm，切割深度一般为 10mm。因此，切割不同管径的管材时，应相应调节切割机进刀液压缸后部的丝杆。否则，会引起切割锯片及切割锯片压紧行程开关损坏，且切割出的管材切口不好，也会将管材划伤。

3) 机器参数值。

电源：三相带中性线，380V，50Hz，交流，带保护接地。

最大输入功率：5.25kW。

气源压力：0.45 ~ 0.6MPa。

4) 操作说明（操作面板如图 1-12 所示）。

第一排：从左到右分别为长度计量器、旋转电动机速度显示。

第二排：从左到右分别为紧急停止按钮、旋转电动机速度调节。

第三排：从左到右分别为电源指示、系统测试键（系统测试键是乒乓键，按一次为起动，再按一次为停止）、自动 / 手动转换开关、复位按钮。当系统的测试程序或动作没有完成时，不能进行自动运行，否则系统可能会发生错误。

第四排：从左到右分别为吸尘指示、夹紧指示、切割指示、旋转指示、堆料指示。

第五排：从左到右分别为吸尘起动 / 停止、夹紧起动 / 停止、切割起动 / 停止、旋转起动 / 停止、堆料起动 / 停止。各键都是按一次为起动，再按一次为停止。

切割机有自动控制、手动控制和测试三种运行方式。

① 自动控制。当管材达到切割设定长度，夹紧装置夹紧管材移动。2s 后切割机、液压泵电动机起动并进刀。又过 2s，旋转部分开始旋转，旋转一圈后退刀。再过 2s，切割电动机和液压泵电动机停止，夹紧装置松开回到原先位置，推动气缸动作，移动小车回到原先位置。当管材达到堆料设定高度时，堆料气阀动作进行推料，延迟一段时间后复位，等待下次动作。

② 手动控制。自动 / 手动选择开关置于手动位置。在管材所需切断的位置，依次按下夹紧按钮、切断按钮和旋转按钮。当需要堆料时按下堆料按钮。

③ 测试。当系统进入测试状态时，可以对夹紧装置、切割装置、旋转装置和堆料装置进行测试。只有自动 / 手动选择开关打到手动位置和切割装置在起始位置，系统没有故障报警时，按一次测试键系统才能进入测试状态。测试操作完成并且切割装置在起始位置，按一次测试系统退出测试状态。

a. 夹紧装置测试包括夹紧位置、夹紧气缸的夹紧速度及伸缩长度、夹紧气缸中心的安装和夹紧退回位置。

b. 切割装置测试包括切割刀的旋转方向、进刀深度、调节油压控制进刀和退刀速度。

c. 旋转装置测试包括旋转速度、旋转方向、旋转起始位置和旋转的中心位置。

d. 堆料装置测试包括堆料气缸的气压和气缸动作延时时间。

在系统测试状态，“CLAMP”、“CUTTING”、“REVOLUTION”、“PILEUP”按钮是乒乓键，按一次为起动，再按一次为停止。

5) 开机和停机操作。

① 开机。

a. 打开气源开关，调节好气压，一般调为 0.45 ~ 0.6MPa。

b. 闭合电源。

c. 释放紧急停止按钮。

d. 把自动 / 手动选择开关打到自动位置。

② 停机。

a. 把自动 / 手动选择开关打到手动位置。

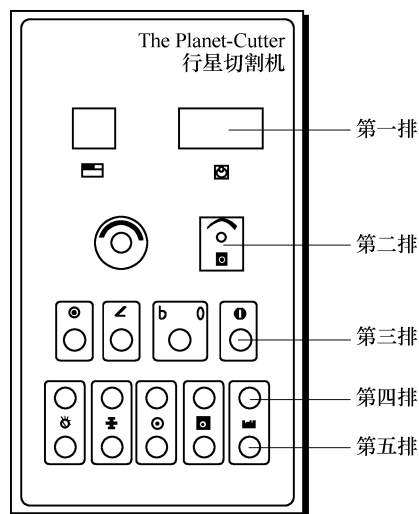


图 1-12 切割装置操作面板

- b. 按下紧急停止按钮。
- c. 断开电源。
- d. 关闭气源。

1.4 挤出成型常用原料、辅料

1.4.1 原料性能和特点

(1) 聚乙烯 (PE) 由乙烯单体聚合而成, 以聚乙烯树脂为基材, 添加少量抗氧剂、紫外线吸收剂、光屏蔽剂、爽滑剂等塑料助剂后造粒制成的塑料称为聚乙烯塑料。目前用得多的有低密度聚乙烯 (LDPE)、高密度聚乙烯 (HDPE)、线型低密度聚乙烯 (LLDPE) 及一些具有特殊性能的品种, 如超高分子量聚乙烯 (UHM-WPE)、低分子量聚乙烯 (LM-WPE)、高分子量高密度聚乙烯 (HMWHDPE)、极低密度聚乙烯 (VLDPE)、交联聚乙烯 (VPE)、氯化聚乙烯 (CPE) 和多种乙烯共聚物。

1) 低密度聚乙烯 (LDPE)。低密度聚乙烯是以乙烯为单体、在 100 ~ 300MPa 高压下, 用有机过氧化物为引发剂聚合而成, 也叫高压聚乙烯。密度在 $0.91 \sim 0.925\text{g/cm}^3$ 范围内, 为乳白色蜡质半透明固体颗粒, 无毒、无味、质轻, 柔软性、延伸性、透明性、耐寒性、加工性、化学稳定性好, 能耐酸、碱、盐类水溶液, 有良好的电绝缘性和透水性, 吸水性低, 易燃烧, 只是耐热性、抗氧化性、日光老化性差。可挤出生产薄膜、管材、板片材、各种异型材、丝、网、中空瓶、桶、日用品等。

2) 高密度聚乙烯 (HDPE)。高密度聚乙烯又叫低压聚乙烯, 是由浓度为 99.95% 的乙烯单体经低压聚合而成, 采用新型高效催化剂, 聚合压力为 0.3 ~ 10MPa, 密度为 $0.92 \sim 0.965\text{g/cm}^3$, 结晶度为 80% ~ 95%, 软化点为 125 ~ 135℃, 使用温度可达 100℃, 硬度、拉伸强度和蠕变性优于低密度聚乙烯, 化学稳定性好, 耐酸、碱和盐类的腐蚀, 缺点可通过改性补偿。可用于各种中空容器、薄膜、管材、板片、条、带、绳、丝、电线、电缆护套、装饰板、合成木材、包装制品等。

3) 线型低密度聚乙烯 (LLDPE)。线型低密度聚乙烯是乙烯与少量 α -烯烃 (如 1-丁烯、1-己烯、1-辛烯等) 在催化剂存在下, 由高压或者低压聚合而成的共聚物。线型低密度聚乙烯的密度、结晶度和熔点均比高密度聚乙烯低, 结晶度为 50% ~ 55%, 略高于低密度聚乙烯, 但比高密度聚乙烯低很多。线型低密度聚乙烯的熔点比低密度聚乙烯的熔点略高 (高 10 ~ 15℃), 但熔点温度范围小。线型低密度聚乙烯的力学性能好于普通低密度聚乙烯, 如撕裂强度、拉伸强度、抗冲击性、耐环境开裂性和耐蠕变性能均比低密度聚乙烯好。电绝缘性也好, 用来成型薄膜既柔软又耐热, 且有较高的撕裂强度和热合强度, 但膜的透明度和光泽度较差。采用挤出成型管材、电线电缆包覆护套, 挤出吹塑各种厚度薄膜及中空制品等, 还可旋转法生产大型农药和化学品容器, 也可流延法生产流延膜和复合膜等。

(2) 聚丙烯 (PP) 聚丙烯是丙烯的高分子量聚合物, 由碳、氢两元素构成。由于聚丙烯价格便宜、无毒易成型、性能优良、用途广泛, 是塑料中应用最广、发展最快的品种。

1) 性能特点。聚丙烯树脂中的等规聚丙烯是一种构型规整的高结晶性的 (结晶度高达 95%) 热塑性树脂, 在塑料中它是最轻的品种。日常用的 PP 就是等规聚丙烯树脂的性能、

特点如下:

- ① 聚丙烯是一种乳白色蜡状物, 无毒、无味、无臭, 密度为 $0.90 \sim 0.91 \text{g/cm}^3$ 。
 - ② 聚丙烯的机械强度、刚性和耐应力开裂性优于高密度聚乙烯, 耐磨性好、硬度高、高温冲击性好 (但 -5° 以下则大幅下降)、耐反复折叠性好。
 - ③ 耐热性能好, 热变形温度为 114°C , 维卡软化点大于 140°C , 熔点 $164 \sim 167^\circ\text{C}$, 使用温度在无负荷情况下可达 150°C , 可在 130°C 消毒应用, 连续使用温度最高为 $110 \sim 120^\circ\text{C}$ 。
 - ④ 化学稳定性能好, 除强酸对它有腐蚀外, 与大多数药品不发生作用, 不溶于水, 也不吸水。
 - ⑤ 电绝缘性能优良, 耐电压和耐电弧性好。
 - ⑥ 制品易受光、热和氧的作用而老化, 在大气中易老化变脆, 在室内放置 4 个月就会变质, 所以要添加紫外线吸收剂和抗氧化剂来提高耐候性。
 - ⑦ 聚丙烯制品的透明度比高密度聚乙烯制品好。
 - ⑧ 制品耐寒性能差, 低温冲击强度低, 韧性不好, 静电度高, 染色性、印刷性和黏性差。应用时在原料中要添加助剂改性或采用共混共聚方法来改善性能。
- 2) 聚丙烯在挤出生产中的应用。
- ① 聚丙烯挤出吹塑薄膜, 用于食品、纺织品、生活用品的包装。
 - ② 挤出流延薄膜, 由于透明度高、阻湿性好、耐热和耐寒性好, 易于热封口, 大量用于食品包装和日用品包装。
 - ③ 聚丙烯流延薄膜能与其他塑料薄膜、纸、铝箔等复合膜, 形成外层是一种强度好、尺寸稳定的、阻隔性、耐热与耐寒性和印刷性好的薄膜, 而内层是一种热封合性、耐油性和卫生性好的薄膜, 中间层又是气体阻隔性好、能代玻璃纸的薄膜。这种膜还可代替马口铁和玻璃罐包装食品, 并能在 130°C 温度中蒸煮杀菌。
 - ④ 挤出板片后进行拉伸的薄膜强度高, 各种性能优良, 可取代纸介质、涤纶和聚碳酸酯电容器, 用于各种纺织品包装。
 - ⑤ 聚丙烯编织袋柔软、手感好、强度好、耐水、耐磨、抗化学腐蚀、抗虫害及微生物侵蚀、无毒无味、无环境污染, 可代替麻袋用于粮食、豆、高粱、玉米和建筑材料包装。
 - ⑥ 挤出成型各种管材输送液体、饮用水等, 如聚丙烯管 (PP-H)、嵌段共聚聚丙烯管 (PP-B)、无规共聚聚丙烯管 (PP-R), 这些管安装简单、耐化学腐蚀、符合卫生要求、使用寿命长。
- (3) 丙烯-乙烯无规共聚物 (PP-R)** 在丙烯聚合时加入少量的乙烯单体, 大约 $1\% \sim 4\%$ 的乙烯含量, 进行共聚, 可制成丙烯-乙烯无规共聚物 (PP-R)。它的性能特点是: 乙烯含量低时透明度提高, 乙烯含量高时, 其刚度和冲击强度会提高, 加工时熔融温度范围宽, 成型容易, 其制品有韧性、耐寒性、抗冲击强度高和透明性好的特点, 但其熔点、脆化点、刚性和结晶度较低。丙烯-乙烯无规共聚聚丙烯 (PP-R) 成型管材较容易, 原料的可回收性好, 耐热性好, 可在 60°C 左右使用, 有耐压能力好的优点, 适合生活冷热水输送, 安装方便快捷, 采用热熔承插法连接, 连接可靠牢固, 维修也方便。(PP-R) 可采用流延膜成型, 或挤出吹塑成型生产普通膜、热收缩薄膜和复合薄膜, 这些薄膜具有透明度高、滑爽性及热封性好、韧性和抗冲击性好等特点, 主要用于各种包装。

(4) 聚氯乙烯 (PVC) 聚氯乙烯是由氯乙烯在引发剂作用下聚合而成的, 是一种难燃、耐化学腐蚀、耐磨、有好的电绝缘性、机械强度也较好的综合性能优良、价格又便宜的一个发展迅速、应用广泛的品种。但聚氯乙烯热稳定性差、易分解、对应变敏感和低温环境下变硬的缺点, 为了适应各种场合环境的应用, 又发展了以聚氯乙烯为主的、具有多种特殊性能的共聚品种上千种。按聚合方法不同, 可分为悬浮法聚氯乙烯、乳液法聚氯乙烯、本体法聚氯乙烯、微悬浮法聚氯乙烯。另外, 聚氯乙烯的改性品种中应用较多的还有氯化聚氯乙烯、交联聚氯乙烯、高分子聚氯乙烯及一些具有专用特殊性能的聚氯乙烯等。在实际应用中 80% 以上都是悬浮法生产的聚氯乙烯塑料制品。

1) 聚氯乙烯性能特点。

① 外观为白色无定型粉末, 粒径在 $60 \sim 250 \mu\text{m}$ 范围内, 表现密度 $400 \sim 600 \text{kg/m}^3$, 制品密度硬质为 $1.4 \sim 1.6 \text{g/cm}^3$, 软质为 $1.2 \sim 1.4 \text{g/cm}^3$ 。

② 没有明显的熔点, 在 $80 \sim 85^\circ\text{C}$ 开始软化, 130°C 左右变为黏弹态, $160 \sim 180^\circ\text{C}$ 变为黏流态, 分解温度为 $200 \sim 210^\circ\text{C}$, 脆化温度为 $-60 \sim -50^\circ\text{C}$ 。

③ 对光和热的稳定性差, 在 100°C 以上或长时间阳光曝晒, 会分解而产生氯化氢。

④ 与其他热塑性塑料相比, 有较高的机械强度, 耐磨性能超过硫化橡胶, 硬度和刚性优于聚乙烯塑料。

⑤ 难燃烧, 离开火源能自熄。

⑥ 介电性能好, 对直流、交流电的绝缘能力与硬质橡胶相似, 是一种介电损耗较小的绝缘料。

⑦ 不溶于水、酒精、汽油, 在醚、酮、氯化脂肪烃和芳香烃中能膨胀和溶解, 在常温下耐不同浓度盐酸、90% 以下硫酸、50% ~ 60% 的硝酸及 20% 以下的烧碱熔液, 对盐相对稳定。

⑧ 聚氯乙烯塑料有硬质和软质类型, 增塑剂的加入量小于 10% 为硬质 PVC 塑料, 增塑剂加入量大于 30% 为软质塑料, 而加入量在 10% ~ 30% 之间为半硬质塑料。聚氯乙烯的缺点是热稳定性差, 在成型制品时, 需要有多种助剂加入到树脂中, 改善成型条件和制品性能。

2) 聚氯乙烯成型时工艺特点。

① 聚氯乙烯树脂的吸水性较小, 如果原料出库包装袋完好, 制品成型无特殊要求, 原料投入生产可以不用干燥处理。

② 树脂中加入增塑剂量的多少, 可使制品性能有较明显的改变。

③ 聚氯乙烯树脂在高温环境中塑化时没有明显的熔点温度, 80°C 以上开始变软, 130°C 左右呈高弹态, 160°C 以上呈黏流态, 在 $200 \sim 210^\circ\text{C}$ 开始降解变色, 同时逸出腐蚀性气体 HCl。

④ 对于硬质聚氯乙烯制品的成型生产, 为改善熔料的流动性, 原料塑化温度较高, 要注意原料配方中选用高效稳定剂, 同时为避免出现熔体破裂现象, 必要时应适当降低车速。

⑤ 生产中注意某些金属离子和氧会促使树脂降解, 在高温条件下更明显。

⑥ 聚氯乙烯树脂成型塑料制品时分解出 HCl 气体, 对模具和设备有腐蚀性, 应选用耐高温、不变形、耐腐蚀的合金钢材加工模具件。

3) 聚氯乙烯成型方法与用途。聚氯乙烯树脂成型工艺可采用挤出、吹塑、压延、流

延、模塑、注射、滚塑、涂刮、发泡等。加工成型制品有管材、板片材、薄膜、人造革、电缆料、电线护套、异型材、丝、网、条、带、绳子、管材，广泛应用于建筑、包装、电子电气、工业与农业、汽车、化工和日常生活中各个领域。具体应用实例如下：

① 建筑工程：门窗、板材、各种型材、装饰材料（地板革、壁纸）、防水材料、泡沫保温材料、各种管材（生活用水管、污水管等）、防雨板、隔离板、仿木板、仿木地板等。

② 包装用品：各种包装薄膜（工业、农业、食品、日用品等）中空容器（桶、瓶用于食品、食油、调味品、饮料、化妆品、洗涤剂、药品等）。

③ 农业生产方面：覆盖薄膜、大棚薄膜、农用水管等。

④ 电子电气：电线电缆用绝缘层、电缆包覆料、电线套管、线路槽板等。

⑤ 汽车后盖板、顶棚用衬里、车内地板、油箱、门窗密封条等。

⑥ 化学工业用材：各种有腐蚀的管路件、化工设备衬里、组焊成的电解槽、酸洗槽、电镀槽、塔器、烟囱筒等。

⑦ 生活日用品：装饰塑料薄膜、桌布膜、医用管、渔网、蚊帐、发泡网、包装网、带、绳、编织袋、密封条带等。

4) 医用聚氯乙烯。医用聚氯乙烯粒料是指用于一次性使用的输液（血）和采血器、血袋，以及其他用途的种医用管等制品成型用原料。

① 医用聚氯乙烯配方（质量份）。

血袋、输液（血）导管挤出成型用料参考配方（软管）：医用级 PVC 树脂，100 份；邻苯二甲酸二辛酯（DOP），55 份；硬脂酸锌（ZnSt），0.4 份；硬脂酸钙（CaSt），0.2 份；硬脂酸铝（AlSt），0.2 份；环氧大豆油（ESBO），4 份。

输液（血）滴管的挤出成型用料参考配方（硬薄管）：医用级 PVC 树脂，100 份；邻苯二甲酸二辛酯（DOP），25 份；京锡 8831，1.5 份；硬脂酸（HSt），0.2 份。

② 医用聚氯乙烯粒料的制造。首先按配方要求把医用级 PVC、增塑剂和稳定剂（助剂无毒）等各种辅助料计量，然后加入混合机中搅拌均匀再加入挤出机中混炼、塑化，再从机头模具中挤出料条后切粒。

③ 医用聚氯乙烯粒料制品与成型方法。医用聚氯乙烯粒料和悬浮法聚氯乙烯一样，可用普通聚氯乙烯管材成型加工方法和设备进行成型加工（在生产加工时要严格按医用卫生要求，防止避免污染）。要求车间设备无污染源，操作员穿戴防护衣、帽、鞋、手套，全身消毒进入车间。

（5）聚酰胺（PA） 聚酰胺是一种主链上有酰胺基团（-HNCO-）重复结构单元的热塑性高分子化合物，通常人们称它为尼龙。

聚酰胺是应用广泛的一种工程塑料，品种有 PA6、PA11、PA12、PA13、PA66、PA610、PA612、PA1010 等，用得最多的是 PA6、PA66、PA1010 等。

1) 成型方法和用途。聚酰胺可用挤出吹塑、旋转成型、发泡、涂覆、焊接、粘接等方法成型制品，如油箱、油管、电线电缆包覆、医用及食品包装用薄膜等。

2) 性能与特征。聚酰胺是一种淡黄色至琥珀色透明固体，无毒、无味。多数尼龙料能在火中缓慢燃烧，离开火后自熄，燃烧时起泡，发出一种羊毛味；有较高的吸水率，使制品强度降低，尺寸的稳定性受到影响；有优良的力学性能、良好的冲击强度和拉伸强度，耐摩擦性好，耐磨损；由于制品的热稳定性差，一般只能在 80 ~ 100℃ 以下使用；耐多种化学药

品,不受弱酸、弱碱、醇、酯、烃、润滑油、汽油和油脂影响;在常温下能溶于乙二醇、冰醋酸和氯乙醇等;电性能差,只适合作工频绝缘材料。

3) 成型工艺要点。原料投入生产前要进行干燥处理,使含水量小于0.06%。为防止制品在高温下氧化变脆,可在原料中加入炭黑和紫外线吸收剂,提高耐老化性能。成型软管制品时,应在原料中加入脂肪族二元醇和芳香族氯磺酰化物等增塑剂,为了改善流动性,可在原料中加点润滑剂。在原料中加入一定比例的玻璃纤维或矿物质类填充物料及改性增强剂,可增加制品刚性,降低高温蠕变性、收缩率,减少吸水率,提高制品外形尺寸稳定性、冲击强度、耐磨性和阻燃性。

4) 聚酰胺(PA6)。聚酰胺PA6又叫尼龙6,是一种乳白色或微黄色透明或不透明结晶性聚合物。耐磨及自润滑性良好,着色性韧性好,刚性小、耐低温、耐细菌、能慢燃、离火能自熄,成型加工性非常好,机加工、焊接、粘接性能好。但吸水率高,制品尺寸稳定性差,收缩率在1~1.5之间,最高使用温度可达180℃。

5) 聚酰胺(PA66)。又叫尼龙66,由己二酸和己二胺通过缩聚反应制得。PA66是一种半透明、轻而硬、表面光亮的结晶型白色或微黄色颗粒,密度和吸水性比PA6低,无毒、耐低温、耐霉菌,脆化温度-60℃;机械强度高,冲击韧性、自润滑性、介电性、化学稳定性、耐寒性比PA6好;成型加工时熔体流动性好,易成型,但熔体与氧接触易引起热氧化降解;制品长时间在100℃环境中与氧接触会逐渐呈现黄褐色,且机械强度下降;不溶于烃、脂类和低级醇等,但溶于苯酚、浓硫酸、甲酸等极性熔剂。

(6) 聚苯乙烯(PS) 聚苯乙烯是苯乙烯用量最大的一种,它是以苯和乙烯为原料,用本体聚合法或悬浮法聚合制成。

1) 性能特征。聚苯乙烯是一种无色透明、无味、无臭而有光泽的粒状固体,其制品像玻璃,质坚性脆,敲击时有清脆的金属声,易裂,熔融温度为150~180℃,热变形温度为70~100℃,长时间使用合适温度为60~80℃,热分解温度为300℃;易燃烧,燃烧时冒黑烟,同时散出一种特殊臭味;制品刚度和表面硬度大,吸水率低,在潮湿环境中能保持其力学性能和尺寸稳定性;光学性仅次于丙烯酸类树脂;电性能优良,体积电阻率和表面电阻率都很高,耐辐射性能也好;有良好的加工性和着色性,价格也比较便宜;可溶于芳香烃、氯化烃、脂肪族酮和醇等,可耐矿物油、有机酸、碱、盐、低级醇及水溶液的作用。不足之处是制品脆而易裂,冲击强度较低,耐磨性差,易燃,不耐沸水。

为了改善聚苯乙烯树脂的不足之处,通过共聚、掺混、复合及填充等方法,开发出很多高性能的树脂及塑料。如高冲击聚苯乙烯(HIPS)、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物(ABS)等,使聚苯乙烯树脂的冲击强度、耐热性、耐候性和耐应力开裂性均大幅提高。

2) 成型方法与用途。聚苯乙烯熔料流动性好,易成型、易加工、易着色,制品尺寸稳定性好,可以用注射、挤出、吹塑、发泡、热成型、焊接、粘接、涂覆和机加工等方法成型,可以生产成型管材、板材、片材、薄膜、异形材等。

3) 发泡级聚苯乙烯。这种发泡级聚苯乙烯主要是通过悬浮法制得的珠状树脂中充入一定量的发泡剂(低沸点烃类)而制得。

① 性能特征。发泡级聚苯乙烯为白色或无色透明珠体,相对密度为1.05~1.06,可任意着色,抗化学性良好。含有低沸点烃类发泡剂的可发性聚苯乙烯,加热至90~110℃时,体积可增大5~50倍,则成为一种具有隔热、隔音、防振、耐水、耐酸、耐碱等性能的泡沫

塑料。这种泡沫塑料质轻、热导率低、吸水率小、隔音好，还有一定的机械强度和抗冲击性。耐低温性能好（可达 -100°C ），最高使用温度在 70°C 左右。易燃烧、不抗石油类溶剂，不宜与苯、脂、酮类物质接触。

② 成型方法与用途。发泡级聚苯乙烯是高发泡料，其制品主要用于防振、绝缘、隔热、隔音和漂浮材料等，采用模压法生产，低发泡料可挤出成型。

(7) 丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS) ABS 树脂是一种浅黄色粒状或珠状树脂，其制品具有坚韧、质硬、刚性好、无毒、无味、吸水率低、极好的低温抗冲击性能；尺寸稳定性、电性能、耐磨性、抗化学药品性、染色性、成型加工和机械加工性都好；树脂的熔融温度为 $217\sim 237^{\circ}\text{C}$ ，热分解温度为 250°C 以上；树脂耐水、无机盐、碱、酸类，不溶于大部分醇类和烃类溶剂，但易溶于醛、酮、酯和某些氯化烃中；热变形温度较低，不透明、可燃、耐候性差。

1) 成型方法。ABS 树脂具有较好的成型加工性能，可以注射、挤塑、压延、吹塑、真空吸塑、发泡等多种成型加工方法。由于树脂吸湿性小，一般情况下不要干燥处理。挤塑成型温度为加料段 $170\sim 180^{\circ}\text{C}$ ，塑化段 $190\sim 210^{\circ}\text{C}$ ，均化段 $200\sim 220^{\circ}\text{C}$ ，机头口模段 $200\sim 210^{\circ}\text{C}$ 。螺杆长径比 L/D 为20，压缩比为 $2.5\sim 3$ 。制品可焊接、粘接，还可用机械切削加工各种形状。

2) 用途。ABS 由于性能好，价格低，易成型加工，强度硬度好，广泛用于家电、家具、办公用品、仪器仪表的外壳和零件、各种强度高的管件、门窗框架、安全帽、板材、棒材等。

(8) 高抗冲击聚苯乙烯 (HIPS) HIPS 是一种白色不透明珠状或粒状型树脂，其制品有较高的韧性和抗冲击性，着色性、化学性能、电性能、加工性与聚丙烯相同，但其拉伸强度、硬度、透光和耐光性及热稳定性与聚苯乙烯相比稍有下降。加入橡胶，HIPS 的冲击强度更高。以橡胶含量多少又分中抗冲、高抗冲和超高抗冲三个级别。

(9) 聚碳酸酯 (PC) 聚碳酸酯是在大分子主链中含有碳酸酯链节的高分子化合物的总称。聚碳酸酯的生产方法有交换法和光气法。目前用量最大、用途较广的是双酚 A 型芳香族聚碳酸酯和工程塑料玻璃纤维增强聚碳酸酯。

1) 性能与特征。PC 是一种透明、白色或微黄色聚合物，无定形、无味、无毒；制品刚硬，耐冲击，有良好的韧性，吸水率较低，力学性能优良，但耐疲劳强度低，容易产生开裂；耐热性和耐寒性好，应用温度范围为 $-60\sim 120^{\circ}\text{C}$ ，热变形温度为 135°C 左右，温度在 $220\sim 230^{\circ}\text{C}$ 呈熔融态，分解温度大于 310°C ；熔融体黏度大，流动性差，成型加工难度较大，但着色性好，有较好的电绝缘性，不易燃，有自熄性；耐酸、盐类、油、脂肪烃及醇，不耐氯烃、碱、胺、酮等介质，易溶于二氯甲烷、二氯乙烷等氯代烃类溶剂中。

2) 成型方法与用途。成型前，应先将原料在 $120\sim 130^{\circ}\text{C}$ 的热风循环烘箱中干燥处理10h左右，使原料的含水量小于 0.03% 。

干燥处理后的原料，可采用挤出、注射、吹塑、真空成型等方法，成型各种板、管、容器和薄膜等制品。成型温度：加料段 $200\sim 230^{\circ}\text{C}$ 、塑化段 $240\sim 250^{\circ}\text{C}$ 、均化段 $260\sim 270^{\circ}\text{C}$ 。聚碳酸酯是一种综合性能好的工程塑料，广泛用作机械零件、外壳、管材、挡风玻璃、抗高冲击强度玻璃等。

1.4.2 辅料性能和特点

塑料用辅助料是指在各种塑料树脂加工前,为改善塑料的加工性能和塑料制品的使用物理力学性能,有的还能改变塑料制品的外观质量和颜色等,而在主原料树脂中加入一些辅助剂。常用的塑料辅助剂有:增塑剂、稳定剂、加工助剂、抗氧剂、抗冲改性剂、光稳定剂、阻燃剂、发泡剂、抗静电剂、着色剂、润滑剂、填充剂、交联剂、偶联剂、氯化石蜡(43%)等。

(1) **增塑剂** 在塑料树脂中加入增塑剂,能够改变材料的塑性,使其变得柔软,降低熔体黏度,改善成型加工特性。常用增塑剂如 DBP、DOP、DIOP、DOA、DBS、DOS、TCP、T66、M-50 等。

(2) **稳定剂** 在聚氯乙烯原料中加入稳定剂,主要是为了防止和缓解这种树脂在高温塑化加工过程中产生分解。在成型制品的使用过程中由于光和氧的作用产生化学变化,会使寿命降低,加入稳定剂就能抗氧抗光减少化学反应变化,同时对 PVC 料的加工难度也会减少。稳定剂又分为下面三种:

1) **热稳定剂**。主要防止 PVC 树脂在高温成型制品加工过程中分解。

2) **抗氧剂**。防止在热加工过程和制品使用过程中受空气中氧的影响(氧化降解),造成制品的强度、外观、使用性能变化,降低制品寿命。

3) **光稳定剂**。延缓塑料制品在光线作用下改变性能的助剂。

(3) **加工助剂** 主要用于改进原料的塑化质量,改善加工条件和提高制品的抗冲击性能。

(4) **抗冲改性剂** 为了提高塑料制品的抗冲击性能。

(5) **发泡剂** 是一种能够使塑料制品具有泡孔结构而在原料中加入的助剂。

(6) **阻燃剂** 是在原料中加入的一种能够阻止聚合物燃烧或能够抑制火焰传播速度的助剂。

(7) **抗静电剂** 在塑料成型中加入抗静电这种助剂,其制品的表面能够防止或消除产生的静电。

(8) **防雾剂** 是一种能够阻止薄膜在潮湿的环境中表面凝结一层细微水珠用的助剂。对农用大棚薄膜尤为重要,因凝结细微水珠的薄膜表面,影响阳光通过,影响农作物生长。

(9) **润滑剂** 塑料在加热塑化过程中,为了降低原料分子间和机头流道之间的摩擦阻力,以改善熔料的流动性,而在原料中加入的助剂称为润滑剂。它能使制品在成型过程中,防止在机头流道内粘连,流动滑爽,制品表面光亮。

(10) **填充剂** 在塑料制品中加入一定比例的填充料,目的是为了降低塑料制品的生产成本和改善制品的一些性能,加入的这些填充料又称填充剂。如能提高刚性,降低收缩率,改善着色效果,改善耐热性、耐磨性、耐腐蚀性、电绝缘性及自熄性等。但也带来不足,如降低了熔料的流动性,给熔料成型增加难度,降低了制品的韧性和影响了制品的透明性等。

(11) **着色剂** 着色剂分为染料和颜料两类。在塑料制品中主要用颜料来作树脂的着色剂。颜料又分为有机和无机颜料两种。无机颜料在塑料制品中用得普遍,但有机颜料有着色力强、色调鲜艳、透明性和粒度细小等优点。

(12) **交联剂** 是一种能够使聚合物产生交联的塑料添加剂。在热塑性塑料中,交联也

是一种改性的手段,控制适当的交联度,在聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯中应用,可提高此种聚合物的耐热性、耐油性、耐磨性及一些力学性能,达到扩大塑料制品应用范围的目的。

(13) 偶联剂 是一种能够使聚合物与各种填充剂及增强材料之间的结合力增强,改变这种复合材料的某些性能的有机化合物。它是一种具有两性结构的物质。它的分子中的一部分基团可与无机物表面的化学基团反应,形成牢固的化学键;另一部分基团有亲和有机物的性质,可与有机物分子反应或物理缠绕,把两种性质不同的材料牢固地结合在一起。

1.5 挤出成型技术的最新发展

1.5.1 特殊挤出机新技术

我国目前已开发出如串联式磨盘螺杆挤出机、往复式销钉螺杆挤出机、行星挤出机、带熔体齿轮泵的挤出机、串联式多阶挤出机、多螺杆挤出机、行星螺杆挤出机等,在国内均有厂家生产,其中一些还有自主知识产权专利。华南理工大学开发的电磁动态塑化挤出机已系列化并投放市场。北京化工大学开发的 $\phi 12\text{mm}$ 手提式高速排气挤出机、 $\phi 28\text{mm}$ 熔体齿轮泵挤出机和 CPJ75/135 串联式磨盘挤出机都是特殊机的新成果。用于混炼工艺的特殊挤出机是未来的发展方向,如串联磨盘式螺杆挤出机、往复式销钉螺杆挤出机。在其他方面应用的电磁动态塑化挤出机是目前世界还没有的,未来也会有很宽广的发展空间。

(1) 串联式磨盘螺杆挤出机 串联式磨盘螺杆挤出机如图 1-13 所示,图 1-13a 表示串联式磨盘螺杆挤出机挤出部分螺杆分为固体输送段、熔融混炼段、排气段和挤出段。图 1-13b 是串联式磨盘螺杆挤出机构成示意图,整体由挤出系统、润滑冷却和抽真空系统、加料系统、传动系统、电动机等组成。图 1-13c 则是串联式磨盘螺杆挤出机挤出系统结构图。

串联式磨盘螺杆挤出机是在端面挤出机和 T 型挤出机的基础上发展起来的,具有如下特点:

- 1) 在加料段采用大直径螺杆,增强了螺杆的刚性和强度,适用于高转矩、大功率的挤出。
- 2) 采用深槽、大直径螺杆加料,可大幅度的增加产量。
- 3) 采用多组磨盘反复研磨物料,其破碎、分散、剪切、混合和塑化性能优越。
- 4) 采用组合式结构,磨盘和螺纹块的形状和组合形式可以多种多样,适用范围广。
- 5) 采用可调节的磨盘间隙,适用于多种物料的加工生产。
- 6) 由于磨盘两侧的物料压力基本处于平衡,传动系统承受的轴向压力较低,因此适用于高压挤出。

串联式磨盘螺杆挤出机的核心部件就是多对串联磨盘,图 1-14 所示是磨盘的不同结构型式。其端面形状有扇形、菊形、臼目形等多种型式。通过磨盘的旋转,旋转磨盘与固定磨盘凸起的顶部螺线的交点 O 将向外侧移动,如图 1-15 所示;相反,在图 1-16 中,交点 O 向内侧运动。基于上述工作原理,在入口侧将各旋转磨盘的凸起在相位滞后的方向倾斜,而在出口侧朝相反方向倾斜,就会使得加料段机筒与螺杆间隙内的物料通过旋转磨盘与固定磨盘之间的间隙,被输送到旋转磨盘的外圆周表面上,而再被送到旋转磨盘的另一侧面与固定磨盘之间的中心线上。依此类推,在磨盘工作区内形成物料的发散—收剑—发散—收剑的流动

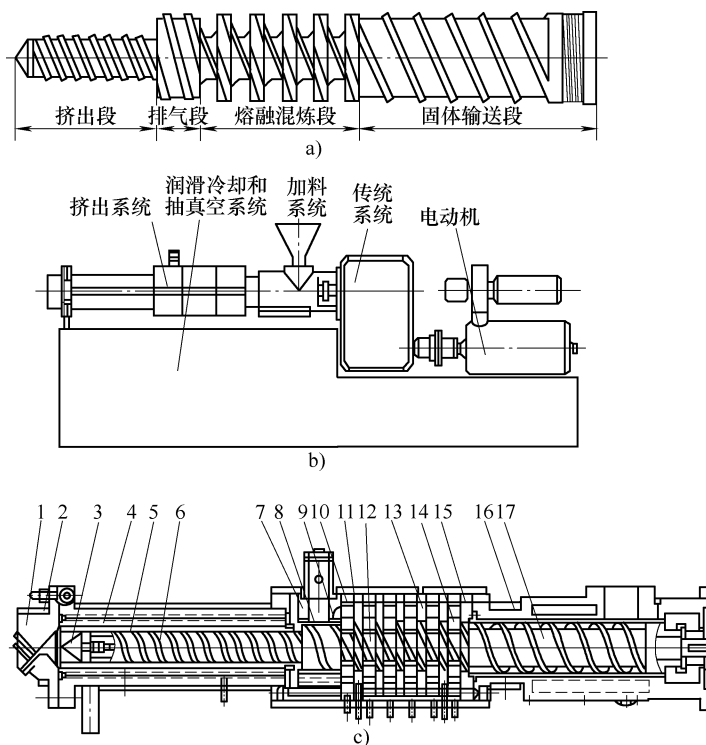


图 1-13 串联式磨盘螺杆挤出机

- 1—机头 2—加热器 3—螺杆头 4—挤出段机筒 5—挤出段衬套 6—挤出段螺杆 7—排气段机筒
8—排气段动盘 9—排气段衬套 10—定盘冷却套 11—动盘 12—螺纹元件 13、15—动盘机筒
14—定盘 16—加料段机筒 17—加料段螺杆

状态。在上述的流动过程中，经过数对旋转磨盘与固定磨盘沟槽的剪切、破碎，完成物料的熔融、混炼和熔体输送等过程。

串联式磨盘螺杆挤出机的混炼段起到混炼作用，动盘和定盘起到压缩与剪切作用，定盘上的 12 条凹槽展开排列，各凹槽内的物料起到重新分割和置换分配作用。

串联式磨盘螺杆挤出机主要适用于塑料要连续混炼、制取而用其他螺杆挤出机无法加工的特殊高分子合金材料和高填充的物料，如软、硬 PVC 混合材料，电子复写、传真用调色涂料，陶瓷、塑料和各种有机混合物料，磁钢、导电塑料、热熔涂料、高黏度工程塑料、电池的电极以及粉末涂料等。

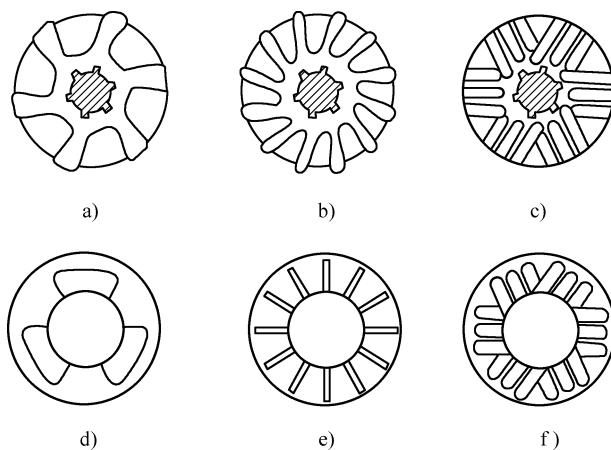


图 1-14 磨盘的结构型式

- a) 扇形动盘 b) 菊形动盘 c) 白目形动盘
d) 扇形定盘 e) 菊形定盘 f) 白目形定盘

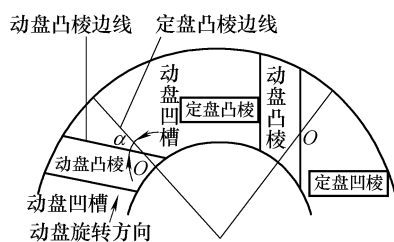


图 1-15 物料的发散流动

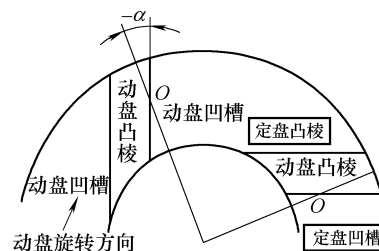


图 1-16 物料的收敛流动

(2) 往复式销钉螺杆混炼挤出机 又称布氏混炼机，由瑞士人开发，我国有厂家批量生产。如图 1-17 所示，往复式销钉螺杆混炼挤出机基本形式是一台单螺杆挤出机，螺杆螺纹每圈被切断成三段，在机筒内壁安置有三排销钉，螺杆每转一圈要做一次往复运动，被切断的螺纹与销钉间形成相对运动，其轨迹近似正弦曲线，物料表层不断被剪切、被翻新并重新取向。因此，此机适合生产炭黑母料并优于同向平行双螺杆挤出机，但此机成本较高。

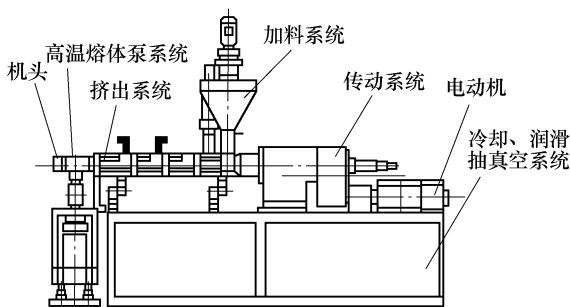


图 1-17 往复式销钉螺杆混炼挤出机

往复式销钉螺杆混炼挤出机主要由电动机、传动系统、挤出系统、加料系统、高温熔体泵系统或第二阶挤出机和其他辅助装置，如抽真空系统、加热系统、冷却系统、润滑系统及电控系统等组成，其中挤出和传动系统是关键所在。往复式销钉螺杆混炼挤出机与普通单螺杆挤出机挤出与传动系统的区别如图 1-18 所示。

往复式销钉螺杆混炼挤出机配有强制加料和侧向加料装置，使配料、共混改性和造粒同时完成，从而使最终制品的工艺过程具有工序少、流程短、能耗低、成本低、减少环境污染、不需预混料等特点。

往复式销钉螺杆混炼挤出机具有剪切均匀、高分散、高填充、拉伸熔体等特点，且综合了单、双螺杆挤出机的优点，加上一整套的螺纹元件及配套设备，可在一部机器上做到混料、混炼、塑化、分散、剪切、拉伸、脱气、造粒，使熔体在机器中流动的界面面积远远大于一般的剪切流动，是一种新型的塑料混炼加工设备，广泛用于塑料填充、共混、改性、交联、接枝、色母料、功能母料、阻燃材料、导电材料、降解材料、增塑、增韧等专用材料的生产。它的应用如下：

- 1) 将不同品种、不同黏度的聚合物共混，得到具有特定用途的崭新高分子合金材料。
- 2) 将各种矿物填料加到聚合物熔体中，制成性能优良的、价格便宜的高填充材料。

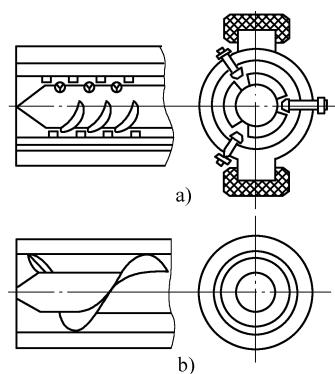


图 1-18 往复式销钉螺杆混炼挤出机与普通单螺杆挤出机挤出与传统系统的区别

- a) 往复式销钉螺杆混炼挤出机
- b) 普通单螺杆挤出机

3) 制备高浓度色母料粒时,对颜料、助剂直接计量,无须预混处理,就可得到良好分散效果的色母料。

4) 生产各种玻璃纤维增强阻燃产品,玻璃纤维加入量可达 50% (质量分数)。

5) 适用于各种电缆护套料、绝缘料、交联料、半导体料、屏蔽料、导电材料生产。

6) 适用于硬质和软质的 PVC 产品,以及其他热敏性材料的生产。

7) 适用于热塑性弹性体、热熔胶的生产。

8) 适用于光降解母料、生物降解母料、光生物双降解母料、可塑性淀粉材料的生产。

9) 适用于各种功能母料粒、防老化母料粒、填充母料粒的生产。

10) 特别适用于各种低烟无卤、低烟低卤阻燃材料的生产。

11) 适用于玻璃纤维增强酚醛模塑料、脲醛塑料、环氧封装料等热固性材料的连续化生产。

(3) 行星螺杆挤出机 行星螺杆挤出机由一根主螺杆和若干根辅助螺杆组成。主、辅螺杆的螺纹都是仿造弧齿锥齿轮的结构互相啮合,其输送能力和自清洁效果很好,能够连续供料,因此用来作聚氯乙烯制品压延生产线的预塑化设备,以代替密炼机或开炼机改善劳动条件。但是,这种行星式挤出机对熔料不能产生足够的压力,因此不能用于挤出制品型坯,需要另外配一台单螺杆挤出机,变成如图 1-19 所示双阶布置行星式挤出机。

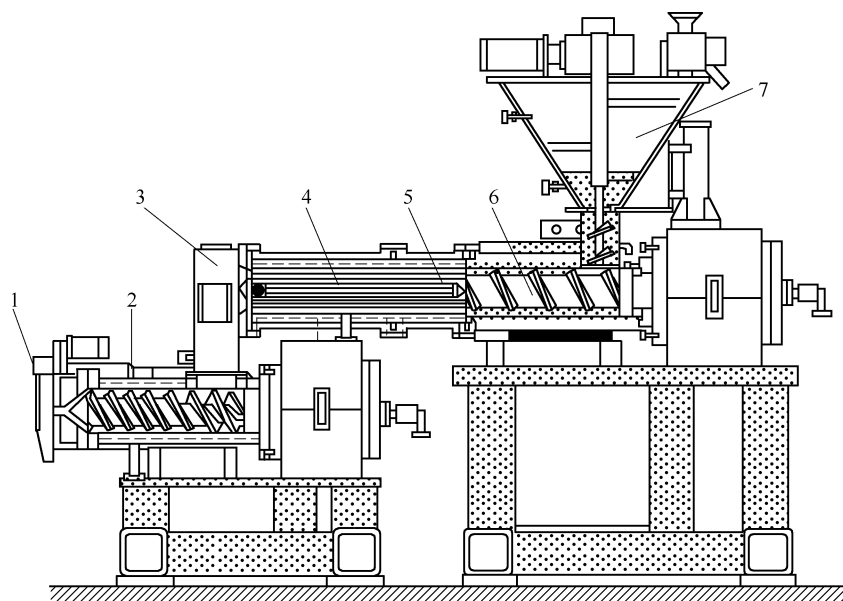


图 1-19 双阶布置的行星式挤出机

1—造粒机头 2—计量段 3—排气槽 4—第二行星螺杆段 5—第一行星螺杆段 6—加料段 7—配料装置

行星螺杆挤出机拥有非常缓和的塑化作用,原料分散均匀,与传统压延生产线配置的开炼机、密炼机或各种双螺杆挤出机相比,有清洁、高效、节能、产能大、节约辅料等特点,并能随时准确高效加入辅料,快速塑化原料。行星螺杆挤出机的特点如下:

1) 在物料挤出量相同的情况下,行星螺杆挤出机完成塑化的时间为 20 ~ 40s,而普通单螺杆挤出机完成塑化的时间为 40 ~ 70s,双螺杆挤出机塑化时间为 30 ~ 60s。

2) 单位挤出机的能耗低。加工硬 PVC,行星螺杆机能耗为 288kJ/kg,单螺杆机为

612kJ/kg, 异向旋转双螺杆机为 432kJ/kg。

行星螺杆挤出机在短时间内的物料捏合、挤压、剪切交换的接触表面积最大, 目前还没有可以比拟的混合系统。

3) 由于行星轧辊的数量多、长度大, 齿形轧辊的总啮合次数非常高, 最高可达 30 万次/min, 这就大大增加了物料的捏合、挤压、剪切和搅拌次数。

4) 行星螺杆挤出机最大的优点是可在机筒不充满物料, 甚至机筒只有 10% 的原料时也能正常塑化加工, 所以试模调机投入少量料也可进行工作。

行星螺杆挤出机在塑料压延生产中大显身手, 主要用在 PVC 膜片生产中。目前正在延伸到下列产品中: 橡胶及弹性体硫化装置、粉末涂装用漆料生产装置、造粒系统 (改性功能材料, 如木塑料造粒)、单段及双段塑化装置、聚酯膜片生产线的塑化、食品药品混炼合成、实验室用挤出机、化工作业吸热反应和放热反应的混合物、干燥与脱气、聚缩反应。

行星螺杆挤出机的结构如图 1-20 所示, 这种挤出机的挤压系统分为以下两部分, 第一部分为常规的单螺杆挤出机的加料段, 第二部分为安装在加料段出料端一侧的行星塑化段, 也是挤出机的关键部分, 主要有主螺杆、行星螺杆和在机筒内圆周面上精确加工有相同模数、相应螺旋角的啮合齿面组合 (内齿套)。主螺杆从调速电动机经

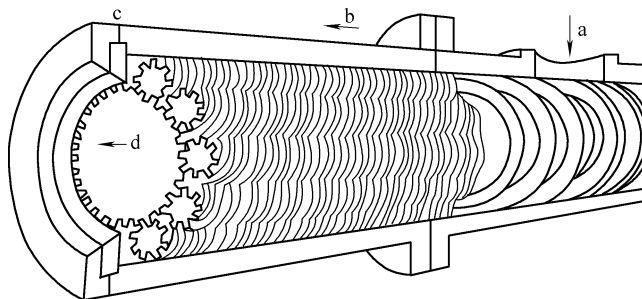


图 1-20 行星螺杆挤出机结构示意图

a—加料方向 b—物料运动方向 c—行星螺杆 d—主螺杆

专用减速箱通过加料段螺杆获取动力旋转。在主螺杆的四周规则排列着与之滚动啮合的小直径的行星螺杆, 螺杆的数目随行星螺杆挤出机的公称直径而变化, 一般为 7~18 根不等。小螺杆与机筒内壁上的内齿面精准啮合。当挤出机运行时, 主螺杆的螺旋齿面推动周边小螺杆自转并围绕其公转。公转的轨道即内齿套的齿面。小螺杆因此称为行星螺杆。组成的挤出塑化系统统称为行星螺杆挤出机。

主螺杆旋转时, 行星螺杆被带动旋转, 如图 1-21 所示。齿轮在定向旋转的时候, 被动旋转的行星螺杆沿轴向受力, 为防止它沿着轴向旋出, 在行星塑化段的出料口模处设置有高强度、耐磨的止动环, 以确保行星螺杆轴向定位的可靠性。

行星螺杆挤出机的核心件是行星螺杆, 它是一个具有极大齿宽的螺旋角为 45° 的齿轮, 当主螺杆旋转时, 各行星螺杆如同轧辊在中心螺杆和内齿套组成的双侧齿面的滚道上滚动, 如同一根浮动在被碾压材料上的轧辊。在这一过程中材料被一个个行星轧辊的齿面抓住, 被带入相应的齿隙并沿螺旋齿面不断轴向递送,

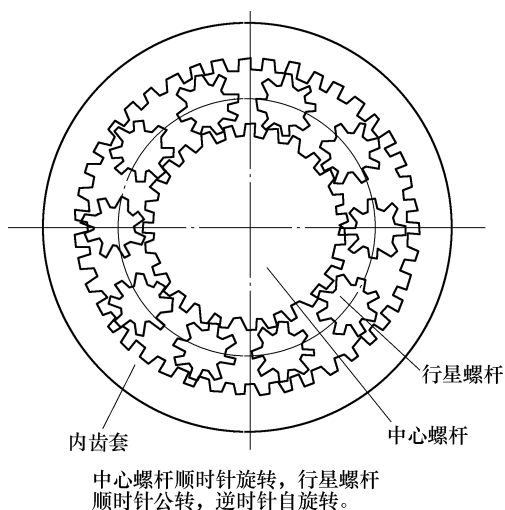


图 1-21 行星螺杆挤出机螺杆运动示意图

拉出时即成了薄层并被止动环及切刀层合并切成小段。这种薄层反复连续滚出的过程在整个混合过程中实现准确的温度调整。这就是行星螺杆挤出机（又叫行星轧辊挤出机）能够实现材料混合柔和高效而又温控精确、自清洁效果最佳、废料最少的根源。温控调节是通过中心螺杆心部和内齿套夹层的循环介质来实现。

1.5.2 反应挤出技术

反应挤出技术是一种将化学反应与聚合物加工过程一体化的技术，主要用于现有聚合物的功能化、聚合物的制备、材料的高性能化改性等领域，是高分子材料反应加工学科的重要组成部分，它的发展与挤出机的发展密切相关。特殊结构的反应式螺杆如图 1-22 所示。

(1) 反应挤出技术的原理 反应挤出是以螺杆和机筒组成的塑化挤压系统作为连续反应器，将欲反应的各种原料组分，如单体、引发

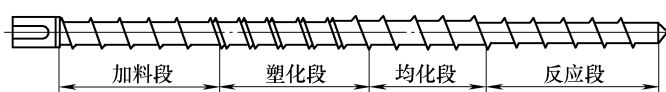


图 1-22 特殊结构的反应式螺杆

剂、聚合物、助剂等一次或分次由相同的或不同的加料口加入到螺杆中，在螺杆的转动下实现各原料之间的混合、输送、塑化、反应和从口模的挤出过程。而传统的挤出过程是原料通过外加热量和螺杆转动过程中施展给物料的剪切摩擦热将其熔融并混合均匀的以物理变化为主的过程。反应挤出中存在化学变化，如单体之间的缩聚、加成、开环形成聚合物的聚合反应，聚合物与单体之间的接枝反应，聚合物之间的交联反应等。

反应挤出是采用挤出机连续完成单体的聚合，以及原有聚合物改性的工艺过程。它的螺杆有较长的长径比（大约 30 左右）。在螺杆的出料端设计了螺杆反应段（又叫接枝段），在机筒上有多个加料口。反应挤出的基础物料由加料口加入，加料段比普通螺杆的加料段长些，压缩比相对比普通螺杆大些。机筒的加料段内壁开有几条纵向沟槽，以增加原料的运行摩擦力，方便固体原料在此段的向前输送。而反应段螺纹最深，这样是为了让熔融反应略减压挤出，其他辅料助剂从不同的位置的加料口加入，一般由精密齿轮泵定量加入。物料由螺杆带动向前运动，在不同的位置加入不同的反应助剂，在各个位置都有适宜反应工艺的螺杆结构及机筒温度，反应完成后可在指定的位置进行排气，然后经过均化，挤出造粒或者直接挤出制品。这样，一台挤出机完成了反应器和成型机的双重功能，这是既简单又适用的工艺过程。

以交联聚乙烯管材生产为例，它是采用精密高压齿轮泵，把按工艺配比要求的硅烷和助剂（交联剂、引发剂）分别直接注入单螺杆挤出机机筒的规定位置，而基础原料从料斗加料段加入，在挤出机螺杆完成输送、分散、塑化过程的同时完成硅烷的接枝过程，挤出成型后再进行水交联，这种生产方式虽然比较复杂，但它的质量稳定可靠，使用寿命长。目前有一种一步法的硅烷交联聚乙烯管生产技术，成本较低，简单适用。它的特点就是使用混料机，把按照配方要求比例的原料树脂、硅烷和助剂，经过混合后再加入挤出机，在挤出过程中完成了硅烷的接枝。一步法完成交联聚乙烯管的生产线，在我国得到广泛应用，但它的质量略差一点。另外，韩国过氧化物交联聚乙烯（PEXa）管材的连续高压冲击法生产技术在在我国也有大量应用。

(2) 反应挤出技术的特点

1) 反应挤出技术的优点。

① 可根据需要设置多个加料口，根据化学反应的自然规律，按一定程序和最合适的方式分步加入，可以控制化学反应按设定的顺序和方向进行。

② 可以精确控制反应温度，通过沿螺杆轴向梯度分布温度来控制反应进行的方向、速度和程度，以减少副反应的发生。

③ 螺杆挤出机的混合能力很强，提高了反应物料体系的混合均匀程度。

④ 通过调整螺杆转速和几何结构，可控制反应物料的停留时间和停留时间分布。反应挤出比较适合反应速度较快的化学反应。

⑤ 副反应较少，选择性较好。

⑥ 螺杆挤出机不但是反应器，又是产品成型设备，从而使生产工艺过程达到了工序少、流程短、能耗低、成本低、生产效率高。

2) 反应挤出技术的缺点。

① 技术难度大。

② 难以观察检测。

③ 技术含量高。

3) 反应挤出设备。反应螺杆挤出机应具有能高效混合、脱挥、向外排热功能和合理的物料停留时间。

① 单螺杆反应挤出机。单螺杆反应挤出机的混炼效果及容量不及双螺杆反应挤出机，但其设备设计制造容易、操作简单、价格低廉，适合小工厂生产，在我国被广泛应用。而新型单螺杆反应挤出机效果更好，如屏障型螺杆、销钉型螺杆、分布螺杆及配置静态混合器的单螺杆反应挤出机。普通三段式单螺杆（见图 1-23a）挤出机不能满足反应挤出的需要。通过对传统的三段式单螺杆挤出机进行设计改造，在螺杆上加设了反应段。反应段的螺槽比均化段要深，这样就增加了熔体的停留时间，提高了原料的反应程度。四段式螺杆如图 1-23b 所示。

② 双螺杆反应挤出机。由于双螺杆反应挤出机具有较强的混合、排气与脱挥能力，较长的停留时间，较窄的停留时间分布以及自洁性好、挤出量大、能量消耗小等特点，目前已被广泛用于反应挤出技术。其中脱挥分段位置和长度是双螺杆反应挤出机的关键。

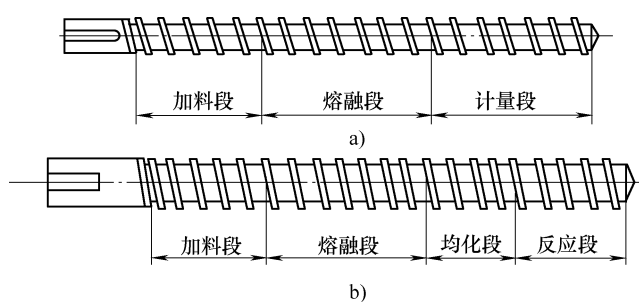


图 1-23 三段式螺杆和四段式螺杆

按螺杆旋向，双螺杆反应挤出机可分为同向旋转和异向旋转两类，图 1-24a 所示为同向旋转，图 1-24b 所示为异向旋转。目前，聚合反应挤出机用双螺杆挤出机多为全啮合式双螺杆挤出机，而且同向旋转啮合式平行双螺杆挤出机较多。

啮合型同向旋转双螺杆挤出机的螺杆之间径向间隙小，螺棱宽度远小于螺槽宽度。工作时两螺杆同向旋转，由于没有啮合型异向旋转双螺杆挤出机的压延效应引起的径向力，因此可以在高速下运转，产生较高的剪切速率而获得良好的分布混合性能。啮合区内不同螺杆的螺棱与螺槽相互刮擦，对螺杆表面起到机械清理作用，使挤出机具有优越的自洁性能以及较

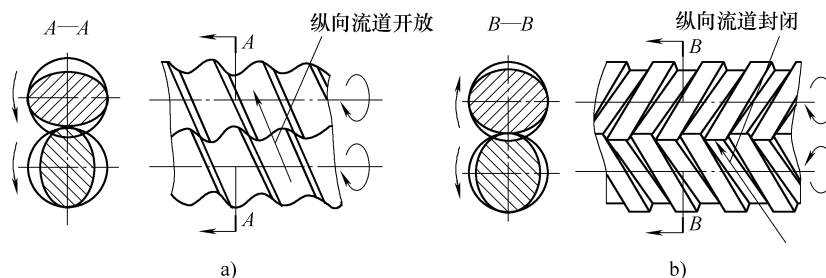


图 1-24 同向旋转与异向旋转双螺杆示意图

窄的停留时间分布。此外，较高的转速还可以提高挤出机的生产力。

一般可以将机筒分为 5~6 个区段。典型双螺杆挤出机工艺参数为螺杆转速小于 400r/min，螺杆直径为 20~30mm， $L/D=30$ ，物料平均停留时间为 1~2min，其中螺杆转速是反应挤出的重要工艺条件。

③ 电磁动态多阶多螺杆反应挤出机。电磁动态多阶多螺杆反应挤出机是华南理工大学的专利产品。该挤出机将挤压装置放在电动机转子的内腔中，改变了传统挤出机由电动机驱动，带传动或齿轮传动，螺杆和机筒挤出成型的模式。该挤出机将电动机、减速器、螺杆、机筒等结合在一起，省去了中间传动环节，通过能量直接转换实现了机、电、磁一起化。

图 1-25 所示为电磁动态多阶多螺杆反应挤出机结构。由于挤出机利用转子的转动，谐波振动或强制振动，将电磁功率直接转换为热能、压力能及动能，完成物料的输送、混合、反应、脱挥、塑化、挤出成型，这样将电磁场引起的机械振动场引入到聚合物反应挤出全过程，实现了挤出机直接电磁换能和物料动态反应挤出的过程。

电磁动态多阶多螺杆反应挤出机的每一阶均有独立的驱动系统和加热冷却系统。第一阶为多螺杆挤出机，聚合物由于主、副螺杆的相互啮合产生捏合挤压与混合，同时在振动力场作用下，啮合区间隙随时间周期性变化，经定量加料系统进入的物料被螺杆间的运动拉入压延间隙，实现动态压延混合，而且瞬时变化的剪切速率和压力产生耗散热能，因此物料被快速熔融和混炼，各组分之间的相互扩散加强，参与反应的物质充分均匀混合，反应进行得更加彻底。第二阶为单螺杆挤出机，在振动力场作用下使聚合物进一步熔融和塑化，实现低温挤出。通过调节各阶的转速、温度、压力、频率和振幅，可以达到控制化学反应过程、反应产物结构与性能的目的，突破了预聚物或聚合物混合混炼过程及停留时间分布不可控的难点，解决了振动力场作用下聚合物反应加工过程中的质量、动量及能量传递的平衡问题，实现了反应产物产量与质量的良好协同，从而得到性能更加优异的制品。

反应挤出的类型有本体聚合、接枝反应、链接共聚物形成反应、偶联交联反应、可控降解反应、聚合物—功能化基团反应。

用反应挤出技术从原料树脂生产厂的立场出发，可开发出高功能、高性能的原材料，特

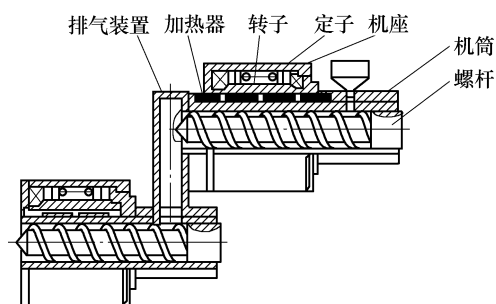


图 1-25 电磁动态多阶多螺杆反应挤出机结构

别是共聚及动态加硫方法,材料设计的自由度大,可与小批量、多品种生产对应。从加工产品的生产厂立场出发,可提高产品的附加值,可生产高价的改性树脂,降低成本节省费用。可使单体到聚合物的连续合成或改性工艺过程直接一体化,省略了中间体的再加热熔融,实现生产高速化、节能、节省时间的目的。由于反应挤出无溶剂化,可根本解决因残留溶剂而降低产品质量的问题。

反应挤出技术主要用在聚合反应、改性反应、相熔化反应等。

1.5.3 精密挤出技术

精密挤出的产品有极高的附加值和利润,它是高效率、高质量的生产方式。例如光导纤维、医用导管等产品的直径都有严格要求,挤出系统要配置精密齿轮熔体泵,以确保熔体挤出流量和压力的稳定。同时还要配置在线壁厚和直径测量装置,以实测显示数据为依据,对挤出机螺杆转速和牵引速度实现闭环控制。精密挤出对温度的控制要求精度达到 $\pm 1^{\circ}\text{C}$,对真空度的稳定性要求也非常高。精密挤出的管材壁厚误差可控制在2%以下,而通常的挤出管材壁厚误差一般为10%。精密挤出主要用在医用导管的生产上,而医用导管主要应用在心脏内外科、脑系科、泌尿科、妇科、儿科所使用的各种介入导管,以及各种插管、一次性注射输液管等,是一种发展迅速、消耗量大、技术要求高的大批量一次性使用产品。为实现挤出过程的精密化,必须建立具有精密计量、塑化、成型、控制等功能的精密挤出成型系统。一方面,应用精密挤出成型可以显著提高产品的精度和质量,满足高速包覆电线电缆、精密医用软管、双向拉伸薄膜、复合共挤薄膜等高精密度的高新技术产品的生产要求。另一方面,通过精密挤出成型技术可提高产品壁厚的均匀性,保证产品的合格率,减少树脂的浪费,降低生产成本,增加生产收益。由于产品质量的提高,更容易实现自动流水线生产。

精密挤出生产线的主要特点和应用装置的配套选择方法如下。

1) 熔体齿轮泵的稳压系统。熔体齿轮泵是最有效的稳压装置。对尺寸精度要求高的产品,可选择进口目前国际先进水平的熔体齿轮泵作为稳压装置。采用熔体齿轮泵后,管材轴向尺寸的波动可以降低80%~90%。对热稳定性较差的塑料,如聚氯乙烯、聚氨酯等,则不能选择熔体齿轮泵,以防止加工过程中材料降解。另外,由于进口熔体齿轮泵的价格较高,所以不能过分依赖进口。为了解决挤出成型系统的挤出稳定性,可采用熔体齿轮泵与挤出机串联使用。

2) 并联式稳压装置的稳压系统。如图1-26所示,并联式移动装置具有结构简单、稳压效果显著、造价低廉的优点。可以将管材轴向尺寸的波动降低70%以上。并联式稳压装置对热敏性材料同样不适用,加工热敏性材料的医用导管需要采用其他形式的稳压系统。并联式稳压装置适合中等精度导管的生产。采用并联式稳压装置,可以消除83%~91%的压力波动和挤出流速波动。

3) 锥体座套式压力控制装置。锥体座套式压力控制装置如图1-27所示。锥形螺杆头与锥

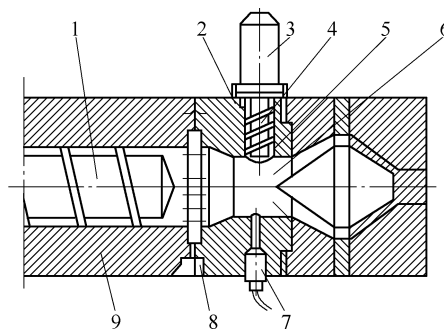


图 1-26 并联式稳压装置

- 1—挤出机筒 2—溢流孔 3—稳压螺杆驱动装置
4—稳压螺杆 5—稳压熔体流道 6—机头流道
7—压力传感器 8—连接螺栓 9—挤出芯轴

形套筒间形成的熔体流道就像一个阀门，螺杆在机械或液压装置的推动下进行轴向移动，此时阀门的开度、螺杆锥形头部与机筒上的锥形套筒之间的间隙就会改变，使挤出流量得到控制。

4) 螺钉型阀门装置。螺钉型阀门装置的结构如图 1-28 所示，通过对调节体的旋入深度的调节，可以改变挤出机头流道阻力的大小，达到调节流量的目的。

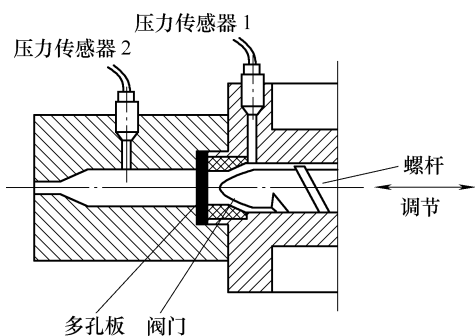


图 1-27 锥体座套式压力控制装置

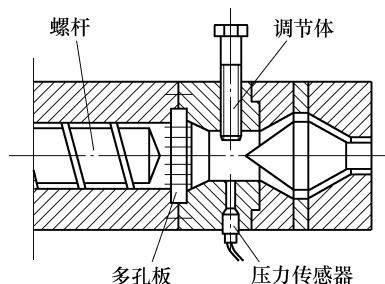


图 1-28 螺钉型阀门装置的结构

5) 多环活动阀门式稳流装置。多环活动阀门式稳流装置的结构如图 1-29 所示，该装置的工作原理与锥体座套式压力控制装置完全相同，只不过在螺杆头部开设了若干个环型槽。环型槽与固定在挤出机筒上的环形座形成了多个阀门。

6) 鱼雷头移动式稳流装置。鱼雷头移动式稳流装置的结构如图 1-30 所示，可轴向移动的鱼雷头置于机头入口处，当挤出机头内的压力发生波动时，移动鱼雷头可以改变流道阻力，达到调节流量的目的。

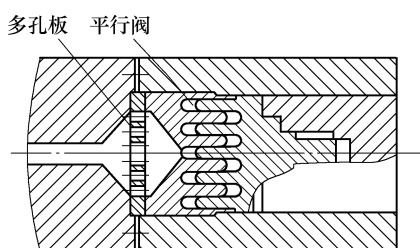


图 1-29 多环活动阀门式稳流装置的结构

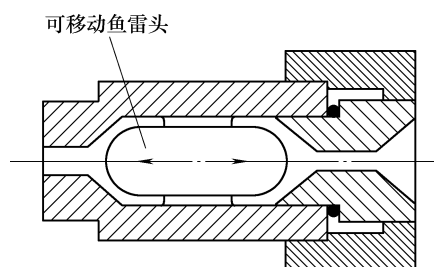


图 1-30 鱼雷头移动式稳流装置的结构

7) 稳压-稳流型挤出模具。对热稳定性较差的材料，不适于采用熔体齿轮泵和并联式稳压系统，可以采用稳压-稳流型挤出模具，以提高导管轴向尺寸的稳定性。

① 阻力可调节机头。挤出流量的波动会引起制品轴向尺寸的波动，这种波动可以通过调节机头流道的阻力来加以平衡。阀式阻力可调节机头的结构如图 1-31 所示。

② 稳流调节式机头。稳流调节式机头的结构如图 1-32 所示。其工作原理是当在线测量仪器测试到挤出流量发生波动时，微处理器就会给伺服电动机发出动作指令，通过传动系统驱动阻力调节环沿轴向位移。由于阻力调节环的位移，使机头阻力发生变化，起到了稳定挤出流量的作用。

③ 口模间隙自动调节机头。图 1-33 所示是一种广泛使用的热螺栓式机头口模调节装置。其原理是在膨胀螺栓外部设有加热器，螺栓长度随温度变化而变化。

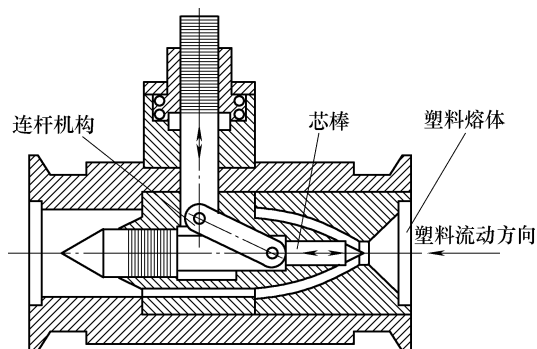


图 1-31 阀式阻力可调节机头的结构

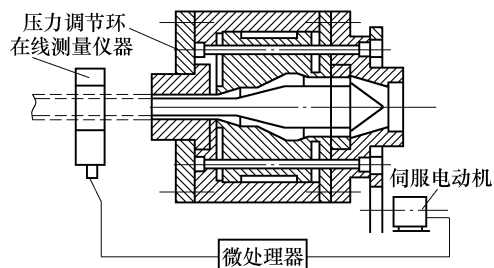


图 1-32 稳流调节式机头的结构

8) 失重式计量料斗装置。该装置采用精密失重加料系统，加料精度可以控制在 $\pm 1\text{g}$ ，配合在线壁厚、直径检测装置，可以实现挤出机螺杆转速和加料装置的闭环控制。

单螺杆精密挤出机的工作无论多么稳定，总会存在波动，这种波动可以通过挤出机的控制系统加以调节。如可以将挤出机的实测产量与挤出机的螺杆转速或牵引速度形成闭环，提高挤出制品的轴向尺寸精度。但由于挤出制品的产量很难测定，人们开发出了失重式计量料斗，其结构如图 1-34 所示。该料斗较好地解决了挤出产量的在线测量问题。

失重式计量料斗上装有称重传感器，通过测量单位时间内料斗重量的减少量，可以得到挤出机的即时产量。挤出机的 PLC 控制系统可以根据失重式计量料斗得到的挤出产量，实现挤出产量与牵引机转速的闭环控制。采用失重式计量料斗，可对制品的米重进行精密控制。在普通生产线挤出工作时，牵引机的牵引速度保持不变，制品的米重随挤出机产量的波动而变化。制品的米重基本上保持不变。采用失重式计量料斗控制挤出制品的米重，不但可以提高制品的壁厚均匀度，而且可减少原材料的浪费。

9) 配备高速带式牵引机、高速双工位自动切换收卷机、高速无屑切断机。

10) 应用统计过程控制系统。它是根据统计学模型，对过程参数进行统计学处理和分析，实现对过程精密控制的方法。该方法是一种基于预先预测过程发展趋势的先进控制方法，可比常规的逻辑程序控制方法大幅提高控制精度 80% 以上。

1.5.4 型材高速挤出技术

型材的高速挤出技术是一项较严密的系统工程，从挤出机的选择、机头的设计、辅机的

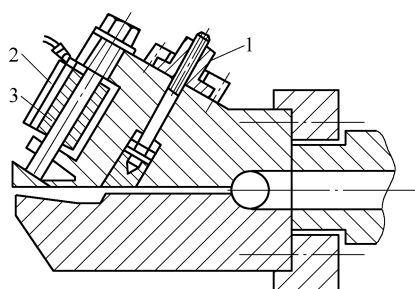
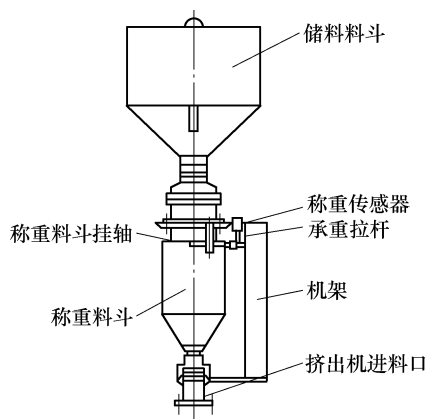
图 1-33 热螺栓式机头口模调节装置
1—阻流调节器 2—加热器 3—膨胀螺栓

图 1-34 失重式计量料斗结构

配套、原料的配方、工艺参数的设定调整都要科学、合理、先进、协调，所有这些是高速挤出的手段和保证。挤出速度是以线速度衡量的。

(1) 挤出机 生产小管材用的单螺杆挤出机，一般对 $\phi 30$ 以下的小管（软、硬）都可以实现高速生产。但是在现有基础上要实现真正意义的高速生产，虽然管材口径小，但它的挤出吨量不能小，这样就要大幅度提高吨位产量，一般软管能达到 $20\text{m}/\text{min}$ 甚至更高，硬管挤出成型速度可以低些。这样对小管配套 $\phi 50 \sim \phi 60\text{mm}$ 的常规螺杆就可以了，高速挤出线则要配套 $\phi 70 \sim \phi 80\text{mm}$ 螺杆挤出机。因要提高螺杆转速，原料就会过度剪切难保证质量。这样在转速维持不变的情况下，可加大塑化量和挤出量，也就是加大挤出机规格。再就是加长螺杆，采用 $30 \sim 35$ 的长径比，螺杆形状采用混炼效果好的螺杆设计（分离型带混炼组件），适当加深螺槽深度，增大挤出量。大点的管材和异型材挤出可选用锥形双螺杆或平行双螺杆挤出机，这样异型材挤出线速度可达 $3\text{m}/\text{min}$ 以上。

(2) 高速挤出机头 在机头设计上采用螺旋式机头，因螺旋机头虽然加工困难，但能提供较大的机头阻力，可保证机头压力的稳定性和制品的密实度。为克服加工难度大的缺点，可用一个机头体，通过更换口模、芯棒、定径套生产出多个品种（ $\phi 63$ 以下）。高速挤出在设计口模、芯棒时拉伸比要适当比普通管大一些。有足够的拉伸比，一是管子强度好，二是可避免管材的壁厚超差。高速生产线的冷却定型也非常重要，由于高速挤出生产，定径套和冷却水槽都要大大增长，定径套用黄铜制作，软管采用自动换卷的双工位收卷机，冷却水的温度要控制在 20°C 以下。

1) 高速挤出机头的特点。机头又称模头，通常由机颈、分流锥、支承板、压缩套、口模、芯模等几个主要部件组成，高速机头与普通机头不同之处如下：

① 在相同的机头长度内缩短了容易引起形变和紊流的压缩区段，增设了稳流区段，使料流在机头内容易形成稳定流动。

② 在进入机颈的预成型区段前增加了过渡区段，这样在料流通过该区段后除了达到初步有序流动外，还有较大的背压，相对隔开了机头内、外料流的影响，减少了刚从挤出机出来的不稳定料流对机头内稳定料流的影响。

③ 挤出口模平直段较短，约为普通机头的 $0.7 \sim 0.9$ 倍，同时口模入口处有较大的空间。

④ 有较大的拉伸比，并随制品结构、物料配方的变化而不同，一般在 $1.02 \sim 1.12$ 之间选取。对制品不同形状横截面分开设置流道，以减少界面应力，防止流道压力干扰。

2) 高速挤出机头的结构。

① 高速挤出管材机头结构。如图 1-35 所示，第一部分为预成型段，由机颈、分流锥组成；第二部分为稳流段，由支承板构成；第三部分为压缩段，由压缩套和芯模压缩部分组成；第四部分为成型段，由口模板和芯模的平直段构成。这种流道内的熔融料挤出过程由厚到薄变化，使塑化更均匀，并形成了一定的压缩比，有足够挤压力、挤压速度、挤出量和可靠的密实度，有利于消除支承筋所产生的熔接痕，从而得到塑化均匀、内应力小、形状合理的型坯。

② 高速挤出异型材机头结构。图 1-36 所示为高速挤出异型材机头结构，在相同的机头长度内缩短了容易引起形变和紊流的压缩段，增长了稳流段，使料流在机头内能最大限度地形成稳定流动。由于稳流段比锥面的压缩段长得多，相应地压缩段较短，因此不容易产生紊

流,进入口模后能较快、较好地消除形变应力,有利于型坯的定型和产品的物理力学性能稳定。稳流段加长设计两块支承板,后支承板固定分流锥,前支承板固定芯棒。

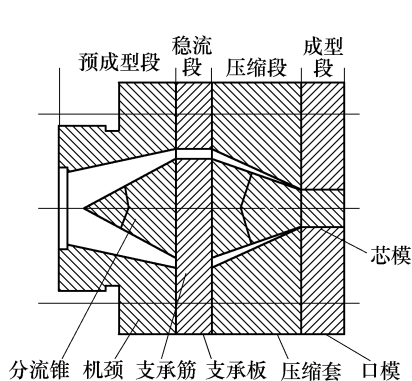


图 1-35 高速挤出管机头的基本结构

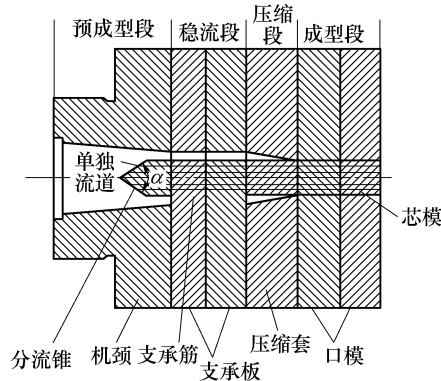


图 1-36 高速挤出异型材机头结构

另外一个不同处是由于芯模是平直走向,无角度,因而缩小了分流锥径向的尺寸,也相应减少了分流锥角度,有利于减少料流阻力、预防高聚物降解、方便提高挤出线速度。

还有一个特点是在芯模内开设了单独供料的流道腔,专门用于给型材内筋供料,使它们在通过预成型区后各走各的道,只是在离开机头口模时才合到一起。这样在口模合流有利于减少模内料流的界面应力,且形变应力小,有利于提高线速度。

3) 高速挤出机头设计的几个技术参数。

① 流道。一般为各自独立流道,面与面、沟槽、内筋等都是用 0.5 ~ 1.0mm 厚的分隔筋隔开,这种分隔使料流在料道腔中不窜位,从而减小了料流的界面应力,对今后的修模、改模也方便。

② 口模尺寸放大率。放大率一般在 5% 左右,这样挤出产品放大率小,其拉伸量也较小,拉伸小的产品残留料应力也较小。由于放大率小,定型模与机头靠得很近,较小的拉伸比就定型为产品,型材残留应力小,力学性能有所提高。

③ 挤出机头压缩比。在保证制品密实的情况下,机头压缩比常选择比普通机头略小,约为 2.5 ~ 4,一般选择较小的压缩比。若压缩比大,因压力过大,挤出量减小,物料滞留时间长会使物料变黄,离模料坯膨胀更大,残留应力大,对高速挤出不好。所以选择偏低的压缩比。

④ 口模平直段长度。口模平直段过长,机头压力过大,挤出效率低,不利于高速挤出。一般高速挤出平直段长度为常规挤出长度的 70% ~ 90%,或者大约是口模间隙的 30 倍。

⑤ 口模横截面型腔尺寸。物料离模时有熔体的膨胀现象,牵引拉伸有收缩作用,进入定型模遇水冷却又要收缩,所以口模的横截面型腔尺寸要选得适当。截面型腔尺寸过小,型坯通过拉伸收缩变小,进入定型模就无法充满型腔并贴近定型模通过抽真空吸附成合格产品。只有口模横截面型腔尺寸适当,定型模与挤出机头口模距离合适,型坯能充满定型模腔,真空吸附到位,才能成型合格制品。

⑥ 其他部分。高速挤出机头支架板流道长度要大于普通机头,因除了支承分流锥和型芯外,还有一个汇流作用和向口模不断供料作用。支架板流道长,料流平稳,供料稳定,可承受的挤压力也大些。另外高速挤出机头的扩张角和压缩角比普通机头要小,模体相对要

大, 模具材料要用不锈加硬调质钢制作。

(3) 高速挤出定型模

1) 定型模的作用。通过真空吸附和冷却介质的热传导作用, 将熔融型坯的热量带走, 冷却到一定的温度, 定型为符合尺寸要求和形状的制品。

2) 定型模的形式。

① 干式定型。图 1-37 所示为干式管材定型模。对于干式定型, 冷却水在密闭的流道中流动, 水不直接接触管材, 散热慢, 热传导效率差, 且在定型套内, 管材直接和金属内表面接触, 使摩擦阻力增大, 冷却效率降低。

② 湿式定型。湿式定型的冷却水直接和型材表面接触, 水环的内孔与定径套端面留有 $0.2 \sim 0.3\text{mm}$ 的间隙, 有一层水膜进入制品表面直接冷却, 冷却效率高, 水的润滑作用大大降低了摩擦阻力, 因而大幅度降低了牵引功率。图 1-38 所示为湿式管材定型模。

③ 干湿组合式定型模。干湿组合式定型通常采用在真空水箱喷淋水和喷淋水槽喷淋水或真空水箱后加浸没式水箱 (小型件)。对门、窗、异型材高速挤出线速度达 $3 \sim 5\text{m/min}$ 。要加长冷却定型区, 就要把多个水箱和多个真空定型模串联起来。为了保证直线度和防止变形, 在后面的冷却水箱中要设置几块甚至十几块定型直块进行后续定型。

图 1-39 所示为湿式定型过程示意图。

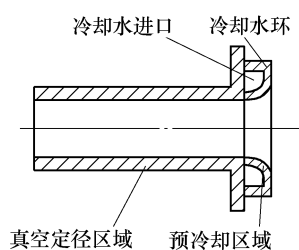


图 1-37 干式管材定型模

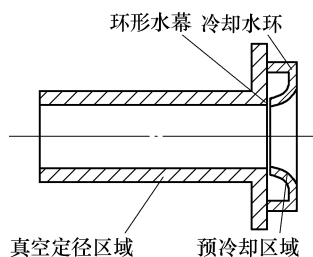


图 1-38 湿式管材定型模

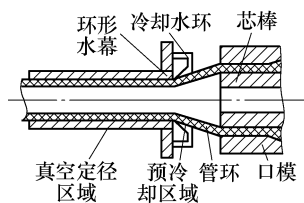


图 1-39 湿式定型过程示意图

3) 高速挤出对模具的其他要求。

① 可靠性。不但要保证产品质量, 还要能稳产高产。

② 通用性。适用于不同物料和产品的生产, 不局限于单一产品。

③ 尽可能缩短模具换装时间。

④ 降低真空和冷却水的能量消耗。

⑤ 尽可能缩短模具研制、试模的周期, 降低生产费用和挤出模具的绝对价格。

(4) 原材料与配方 异型材配方比管材要求严格。要达到高速挤出的目的, 从原材料到配方都选用优级的。常用配方有稳定剂、加工改性剂、润滑剂、填充剂等几种成分。最新开发的稀土复合稳定剂有许多优点, 如挤出过程中塑化良好, 型材外观漂亮, 形状尺寸稳定。但是定型模析出物较多, 要清理定型模又不利于高速生产, 这是需要改善的。

加工改性剂最好使用共混改性的 PVC/ACR 体系, 它具有更好的流变性能, 在用量比 CPE 少的情况下, 其塑化时间短, 最大扭矩高。在冲击强度、耐候性能和焊接强度等方面均有明显提高, 有利于高速挤出。

润滑体系对高速挤出作用非常重要, 须用高分子复合型润滑剂以满足加工全过程的润滑需要, 达到适量与内外润滑的平衡是挤出对润滑体系的基本要求。

好的配方是能得到稳定的流变性能、高的焊接强度、良好的冷冲性能、好的表观质量，并可降低配料成本。在配方设计中还要考虑与模具的兼容性，配方变动不会影响模具的使用。高速挤出还要充分考虑定型模积垢的排除方法，通过调节配方并改进工艺，解决积垢问题。另外还要选择适应高速挤出型材的专用改性树脂，以提高高速挤出的稳定性。

(5) 生产工艺 实现高速挤出必须配置技术成熟、经验丰富的生产工艺和操作人员，而国内外企业对高速挤出技术、工艺都保密，所以需要设计、生产、工艺、操作人员在生产现场不断积累经验，不断改进提高，才能使高速挤出技术不断完善、提高。

(6) 其他相关技术

1) 混料技术。采用双批混料工艺，其工作过程如下：热混时，加入正常混料所用的 PVC 用量，而助剂加入量则是普通混料时单批 PVC 所需助剂的两倍。当热混温度达到 120℃ 时，将热混料卸入冷混机，在冷混机中事先已经加入单批混料所需的 PVC。这时冷混不仅要冷却含有两倍助剂的已预塑化的 PVC，同时还要将其与纯 PVC 混合起来。使用这项技术，加工时可以节能 44%，并增加混合料产量 70%。

2) 加料方式。一般都采用计量加料方式，以保证挤出的稳定性。

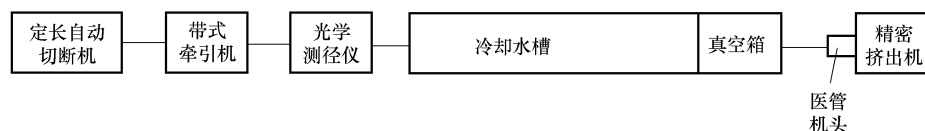
3) 加热冷却系统。加热采用电加热方式，冷却一般用风冷却，容易操作和维修。

1.5.5 管材挤出自动控制技术

1) 配置新型激光测量仪，连续监测型材尺寸，并根据结果调整牵引机和挤出机速度，从而有效地保证质量。

2) 在自动生产线装一个德国公司生产的 C4 微信息处理机。该处理机包括一个用于远程误差分析的存储器，它可以通过调质解调器或网络服务器从用户机器将操作数据传送到服务中心，这样可以监控转矩、熔体压力、温度和牵引速度等参数，以便更好地控制质量和产量。

管材的自动控制工艺流程如下：



图示工艺流程线路图是浙江省迈得自动化公司生产的医用一次性输液导管自动化生产线的流程图，它选用德国西门子公司生产的软件，配套光学测径仪 LS-7030M 测量头，可自动测量管子的外径、内孔、壁厚公称值及公差值，并自动显示在显示屏幕上。

① 可以利用牵引机的线速度与对应直径值来设定参数值实现闭环控制，牵引机配速度传感器，当直径值发生波动时，通过软件的联动，使牵引速度微调自动修正误差，在调试过程中要先把相关技术参数设定准确。

② 也可以利用螺杆的转速与导管直径波动变化值微调螺杆速度传感装置来实现闭环联动控制，确保导管直径保持在公差范围内。

③ 还可以用挤出压力或流速流量与标准直径，再应用精密熔体齿轮泵，依据压力或流速流量传感装置实现闭环全自动控制。当直径大小波动时，微调精密齿轮泵转速来控制尺寸。

④ 用先进的加料装置实现自动控制。先进的计量加料技术，就是通过对进入挤出机料斗的加料量进行连续控制，保持挤出过程加料量的一致性和均匀性，达到控制制品米重（或直径）波动在最小的目的。

通常是采用计量失重加料装置来达到尺寸精度偏差在 0.5% 之内，也有用增重式加料装置。图 1-40 所示为失（增）重式加料器。

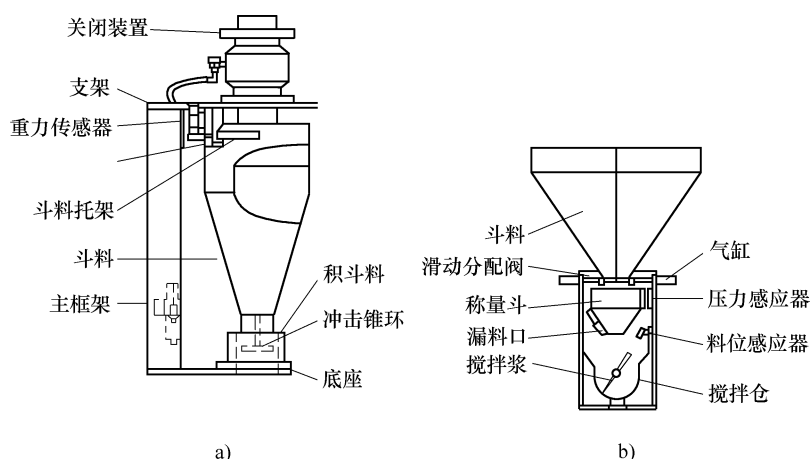


图 1-40 失（增）重式加料器

a) 失重式计量 b) 增重式计量

失重或增重式计量控制系统通过对加料机的控制，达到精确定量加料的目的。失（增）重式计量控制系统通过测定把加料量实际值与设定值作比较，并不断调节加料机的加料量，实现精确加料。图 1-41 所示为计量控制系统控制流程图。

从图示可以看出传感器采集实际加料流量，然后反馈给控制器，再与设定值作比较，如果实际值小于设定值，控制器就增加加料机的转速，反之就减少加料机的转速，从而使实际值与设定值接近，因此传感器的

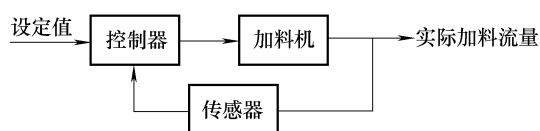


图 1-41 计量控制系统控制流程图

精确度和采样速度与控制的精度密切相关。实时的加料流量靠重量的减少来测定，这种计量方法称失重式计量。失重式加料机，其机械形式有螺杆式、皮带式、振动盘式、计量泵（液体）等，它们均可采用失重式控制得到精确加料。

失重式加料在 HDPE 燃气管生产线、室内外冷热水管材高速生产线、薄膜挤出生产线、PC 板材挤出生产线都得到广泛应用，并获得显著经济效益。

管材生产线的在线测径，是为了严格控制管材径向壁厚的均匀以及外径公差。测径测厚装置，一般采用超声波技术和激光技术。超声测径测厚装置需要附加一个短的浸泡水槽，并且要用纯净水。也有采用射线或红外线的测径测厚装置，这类装置结构较简单，测径测厚装置的显示精度为 0.001mm。图 1-42 所示是德国 SIKORA（西科拉）公司生产的在线壁厚检测系统的可视化界面，图中右侧四格，从上到下依次表示的是管材内径、管材外径、壁厚公差、公称壁厚。

在管材实际生产中，测径测厚装置通常在开机时使用。通过它在管材走出真空水槽后就

可知道管材直径和壁厚是否符合要求，以及及时地调整机头或者牵引速度。如果无测径测厚装置，操作人员需在生产线的末端，也就是在生产数十米后从末端锯下一段进行测量，再去调机头，调牵引速度，既浪费时间又浪费原材料。如果有测径测厚装置，又配置了失重加料装置，就可以保持管材几何尺寸的稳定。如果再安装了此方面的软件，通过传感器闭环联动，就可实现自动控制，确保生产过程中制品的质量稳定。在流延膜和板、片材生产中，利用机头配置的精密齿轮熔体泵的联动，通过传感器的作用实现闭环联动控制，实现自动调节。

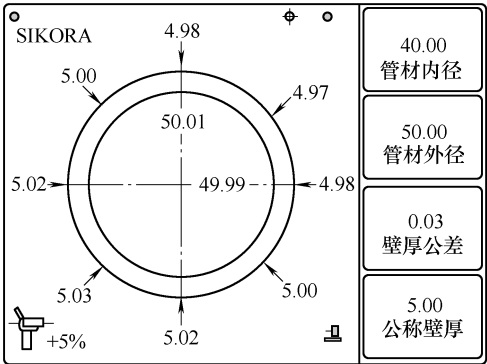
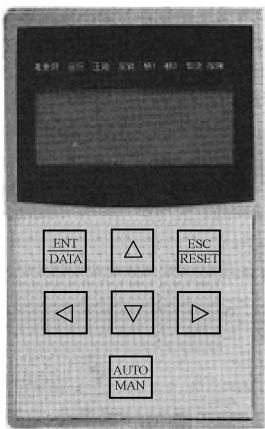


图 1-42 在线壁厚检测系统可视化界面

⑤ 全数字直流电动机调速器在自动调节中的应用。全数字直流电动机调速器的操作面板如图 1-43 所示。这是我国（四川英杰电气有限公司）开发的产品，是模拟式直流电动机调速器的换代产品，用在挤出机大速比无级调速的直流驱动系统上。它功能齐全，性能稳定，完全代替了进口产品。低速大转矩输出的稳定性是挤出机调速器最重要的性能指标，它可确保挤出流量均匀。M3R10 系列产品具有功能完善（满足多种需要的控制、通信、信息查询和功能保护）、调速精度高、性能稳定、中英文人机界面等优点，所有的控制、调节、监视及附加功能都由微处理机实现，软件功能模块功能齐全、检测和保护功能完善，自带操作面板、LCD 中文显示，方便的参数设定、监测。多种速度给定方式和开关量给定是通过上升、下降软件模块实现。三种速度反馈方式：① 电驱电压反馈。② 测速机反馈。③ 脉冲编码器反馈。有多路可编程开关量和模拟量输入、输出。用操作面板可对调速器进行参数设定、状态监控等操作。



键名	意义	功能说明
ENT DATA	进入	进入参数，提取数据，修改确认
ESC RESET	退出	不保存退出，用于故障复位
△	增加	参数切换，修改数据（增加）
▽	减少	参数切换，修改数据（减少）
◀	左移	参数切换，左移
▶	右移	参数切换，右移

图 1-43 全数字直流电动机调速器的操作面板

1.5.6 仿木制品挤出技术

(1) 仿木挤出概述 木塑制品是植物纤维和树脂（塑料）的一种复合材料。木塑制品常用的树脂有聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚氯乙烯等。在木塑制品生产中，由于废旧塑料和废旧纤维成分不确切，性能波动大，工艺无法控制，因此目前还是以新塑料和植物纤维为主，适当掺一些废旧料可节约成本，符合循环经济要求，有利环保，又降低价格。

1) 仿木纹型材的特点。

① 木纹逼真。

② 一步成型，无需二次印刷、上光等工序，省工省电省设备。

- ③ 可锯、钉、钻、粘合，安装方便。
- ④ 高光亮仿木纹装饰型材表面光洁如镜，富丽堂皇。
- ⑤ 亚光表面柔和，温馨里有木质感。

仿木装饰型材可配制不同色彩的木纹，如仿红木、竹黄、磁白、金檀木等。该材料可用于室内装饰，如仿木门、地板、墙裙、吊顶、家具、镜框、楼梯扶手、门窗包边、艺术壁柜、覆盖线条、公园坐椅条、凉亭木柱、亭顶木构件等。

2) 仿木纹型材六个关键技术。

- ① 木纹的形成。
- ② 表面高光亮（表面亚光）。
- ③ 物料高填充。
- ④ 色彩纯正。
- ⑤ 耐老化。
- ⑥ 足够的强度。

木塑制品和木材的基本性能见表 1-6。

表 1-6 木塑制品和木材的基本性能

材 料	弯曲模量/GPa	弯曲强度/MPa	弹性模量/GPa	拉伸强度/MPa
55% 植物纤维,45% PP	2.3	41.2	2.6	21.4
55% 植物纤维,45% PE	2.3	28.4	2.4	16.2
木材	3.9	36.7	3.1	17.0

(2) 木塑制品特点与产品应用 木塑制品与木材相比优点很多，如不用另外再处理在室外可直接使用，抗紫外线及防水能力强（水浸 30 天，吸水率不大于 0.5%），耐腐蚀、耐老化、防虫蛀能力强，耐磨性比杉木高 7 倍，使用寿命长，价格低；外表有木质感，又有仿木纹，有天然的木材芳香，二次加工性能好，可锯、可刨、可钻孔、可打钉子，且钉子的紧固力为普通木材的几倍；比木材的尺寸稳定性好，不会产生裂纹、弯曲变形，又无疤痕，比塑料硬度高，可回收再用。

木塑制品目前主要用于装饰材料和结构材料，如图 1-44 ~ 图 1-47 所示。

- ① 木塑薄板。用于汽车内的装饰板、室内装饰板、室外广告托板等。
- ② 木塑厚板（包括中空板）。用于建筑模板、集装箱地板、仓库垫板、车船铺板、房内门板、制作家具用板等。
- ③ 木塑异型材。用于凉亭、护栏、室外坐椅、景观构件、托盘、包装箱、隔离板、门



图 1-44 凉亭护栏构件



图 1-45 室外坐椅构件

窗框架、凉亭柱子、雨棚框架等。

④ 木塑装饰材。用于仿木地板、踢脚线、室内室外装饰板等。

⑤ 木塑管材。用于仿古建筑中的方形、圆形木柱等。

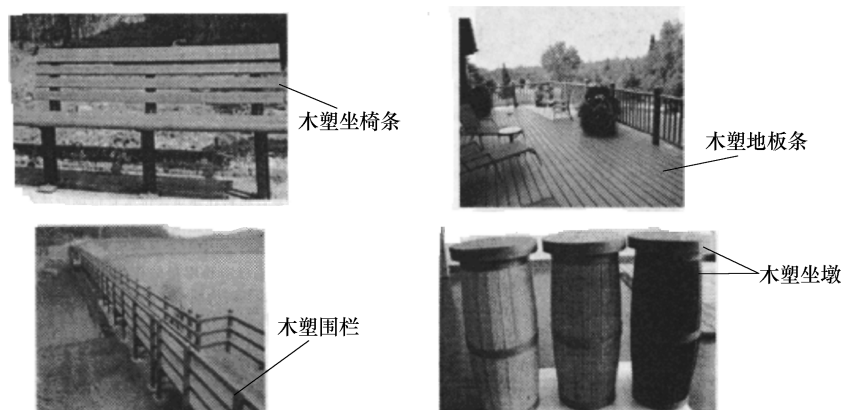


图 1-46 木塑复合材料在公园的应用



图 1-47 木塑复合材料在仓库的应用

(3) 原材料准备 木塑复合材料的基本配方组成见表 1-7。

表 1-7 木塑复合材料的基本配方组成

材料	明细
基料	PE、PP、PVC、PS 等
纤维	木粉、植物秸秆粉、植物种壳、竹粉等
添加剂	偶联剂、润滑剂、光稳定剂、抗菌剂、吸水剂、化学发泡剂等

1) 基料的选择。不同基料木塑复合材料的性能对比。主要体现在制品的可回收性、物理性能、外观质量、加工工艺、断面收缩率等方面，见表 1-8。

表 1-8 不同基料木塑复合材料的性能对比

项 目	PE	PP	PVC	PS
成型断面收缩率(%)	1.02	1.01	1.03	1.03
加工温度/℃	130~170	170~210	160~200	160~200
外观质量	光泽度高	光泽度次之	最具木质感	木质感
强度	一般	较高	较高	较高
表面硬度	易划伤	不易划伤	较高	较高
纤维填充率(%)	≤80	≤80	≤50	≤50
回收性	高	高	低	低

2) 填充纤维的影响。在木塑制品中木塑纤维起增强强度及降低成本的作用。木塑制品

用的植物纤维有木粉、竹子、秸秆、黍壳、花生壳等,添加量一般可达40%~80%当选用聚氯乙烯作基料时,由于聚氯乙烯的流动性差,填充量要小些,但选用聚丙烯作基料时添加量可达80%。由于天然植物纤维含水量高,如木粉含水量在5%以上,有的植物纤维含水量达到10~15%,所以植物纤维必须干燥以后再用。一般干燥温度为100~180℃,温度过高会分解和碳化。用热风干燥较理想。经干燥的植物纤维填充生产不会造成制品起泡、烧焦,甚至机筒汽化引起模嘴喷射熔料。

高档木塑制品用的植物纤维要经过脱脂(硝化)处理,偶联剂和润滑剂也要选择得当,尤其是门窗型材和室内装饰型材都是高档产品,要求更加严格。

3) 助剂的作用。助剂包括提高强度的偶联剂,改善表面质量的润滑剂,减缓室内外变色的光稳定剂、抗菌剂,降低吸水变形的吸水剂,降低密度及成本的发泡剂等。加入助剂对改善木塑制品性能非常明显。

(4) 木塑制品对挤出机的要求 木塑制品的生产都需要先造粒的三步法生产。聚烯烃类木塑制品用平行同向双螺杆挤出机造粒,用单螺杆机成型,通常用销钉螺杆挤出。如果挤出型材,辅机应选用异型材配套辅机。如果挤出板材,辅机应按板材配套。如挤出大型木塑制品(例如厚板),可用多台挤出机共挤出或者用平行异向双螺杆挤出机挤出。如果用一步法工艺,可采用双阶式的布置,物料从造粒机出来不冷却就直接进入成型挤出机。有时也采用混料后不造粒直接用锥形异向双螺杆挤出机一步挤出工艺。

1) 单螺杆挤出机。由于结构简单,成本低,混料能力差,塑化效果不佳,螺杆自洁能力差,单螺杆挤出机适合小型企业、小批量生产的场合,不适合高速大批量生产场合。木粉木纤维材料蓬松、密度低、流动性差、料喂入困难、必须先混料后再造粒才能生产。另外木粉、木纤维含水量高,单螺杆机排气能力差,必须烘干后才能生产。

2) 同向旋转平行双螺杆挤出机。分布混合及分散效果好,自洁作用较强,但料流输送效率低,挤出压力较低,主要用于木质纤维材料与塑料混合造粒等操作。

3) 异向旋转平行双螺杆挤出机。物料输送能力强,挤出压力较高,但因有压延效应,啮合区物料对螺杆有分离作用,容易使螺杆变形,引起机筒磨损,所以只适合低速生产。

4) 异向锥形双螺杆挤出机。加料段螺杆直径较大,可对物料连续压缩,对木粉、木纤维喂料顺畅,在机筒停留时间短,可增大加入木粉纤维的加入量。由于是锥形,计量段直径小,对纤维剪切力小,纤维完整性好,所以适合木塑复合材料制品的成型加工。

5) 双阶挤出机。较适合木塑复合材料成型生产,可实现木质纤维原料和热塑性塑料的一步法在线混合挤出生产。常用的组合方式是同向旋转平行双螺杆挤出机和单螺杆挤出机组合,也可用异向旋转平行双螺杆挤出机和单螺杆挤出机组合。这种双阶组合不仅可以达到对物料优异的混炼塑化效果,而且还有对木质纤维原料的预干燥、脱挥的作用,因此常在双螺杆挤出机上布置多个排气口,甚至是抽真空装置。而串接的单螺杆机要求建压能力和均化能力较强,且挤出要平稳。

6) 串联式磨盘螺杆挤出机。由于串联式磨盘螺杆挤出机具备了单螺杆挤出机结构简单、挤出压力高、承载转矩大的优点,而且具备磨盘挤出机超强的破碎、分散、剪切、混合和塑化性能优势,同时还可以通过动盘和定盘结构型式的选择、间隙的调节以及工艺条件的变化等手段实现对混炼工艺过程进行控制,因此用它可以制取一般混炼装置难以加工的特殊高分子材料和高填充复合材料。串联式磨盘螺杆挤出机因具有超强的破碎、分散、混炼能

力,极易产生过量的剪切热,因此,要对磨盘作三方面调整:选用沟槽形状简单、沟槽数少的扇形磨盘以减少植物纤维经历的剪切次数;通过特别设计的磨盘间距调节装置,实现对动盘、定盘之间间距的微调,如图1-48所示,在木塑复合材料挤出实验中采用图1-48a所示等距($\delta_1 = \delta_2$)可降低磨盘对复合材料的剪切强度,而图1-48b所示为磨盘间距不等;还可在定盘上设置进行液体冷却的通道,对液体温度进行有效的控制。

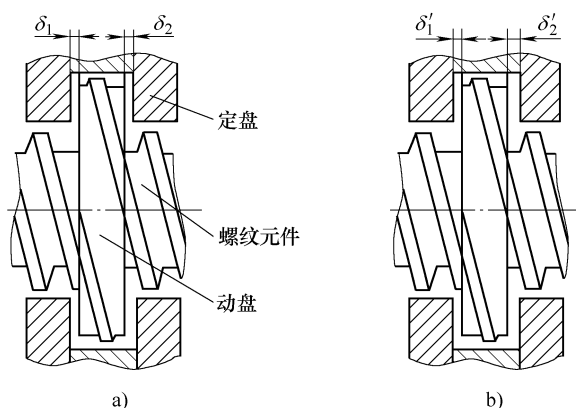


图1-48 磨盘间距微调装置

a) 磨盘间距相等 b) 磨盘间距不相等

选择木塑制品截面形状应考虑到使用要求、物理性能、成本、组装性能等。图1-49所示为几种不同截面形状的制品。其中图1-49a为实心圆截面,成本最高,但强度最好;图1-49b为空心圆截面,成本最低,但强度欠佳;图1-49c成本比实心圆截面低,同时强度还会降低。

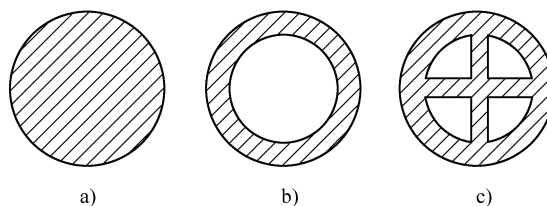


图1-49 几种不同截面形状的制品

在实际应用中,要充分考虑连接处如何防止开裂、成品的强度要求、使用地区的气候条件等因素,选择最合理的形状。木塑制品几种挤出机加工性能的比较见表1-9。

表1-9 木塑制品几种挤出机加工性能的比较

设备类型	优点	缺点
同向旋转平行双螺杆挤出机	积木式螺杆设计,分散、分布混合能力好,功率高、产量高	正位移送、建压能力低,高转速不适合对剪切敏感产品的加工
异向旋转平行双螺杆挤出机	螺杆转速低,适于对剪切敏感对产品加工,正位移输送,建压能力强	功率低,产量低,分散、分布混合能力较差
锥形双螺杆挤出机	高转矩,大功率挤出,建压能力强,组合式磨盘螺杆结构,分散、混合性能卓越	加料特性较差
单螺杆挤出机	设备成本低,低剪切速率有利于低温挤出	加料特性较差,分散、分布混合能力较差

(5) 木塑制品机头设计 木纹和色彩的形成由配方保证,而木纹的形式和光泽则主要取决于机头的结构。挤出管材时,由于型腔分流的作用,在管壁上形成狭窄的V形木纹;挤出棒材时,木纹呈现直线形或蛇形;挤出片材时,木纹呈抛物线形或U形;挤出异型材时,由于机头内部各处结构不同,其木纹形状也各种各样。一般中空制品,内部及拐角处所形成的木纹较明显。总之,由于不同机头对材料和着色料的阻流不同,使木纹形状也各不相同。高光亮仿木纹制品模具结构的特点是冷却方式和冷却位置的控制,其定型模以水箱为主。

图1-50所示为涡旋花纹制品的挤出机头。成型装置如图1-50a所示,从挤出机1和挤出机2挤入的两种树脂在模芯支架处合流,这种树脂由带有翼片的旋转体旋转成涡旋状,通

过木花纹共挤出模具可成型涡旋状木纹制品。模芯支架如图 1-50c 所示, 调节来自模芯支架的树脂量可任意改变旋涡的大小。调节图 1-50d 所示的旋转翼的转数, 可以自由决定涡旋的密度。采用图 1-50a 所示的机头可形成图 1-50e 所示的同心圆旋涡。如将图 1-50a 所示模具出口换成图 1-50b 的形式, 则可制得将同心圆分割为四部分, 如图 1-50f 所示的四个旋涡花纹制品。用这种成型法采用两种不同性质和颜色的树脂, 不仅可以制得外观极似木材的型材, 而且可使型材表面为硬体, 而内部却有如海绵状的微软结构, 且与木材一样可进行锯、钉、钻加工。

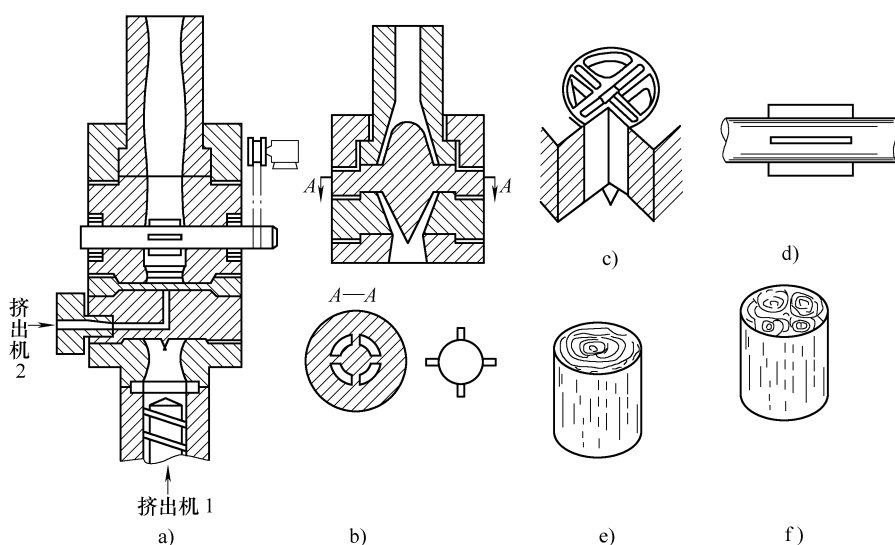


图 1-50 涡旋花纹制品挤出机头

a) 成型装置 1 b) 成型装置 2 c) 模芯支架 d) 带翼片的旋转体 e) 同心圆旋涡制品 f) 涡旋花纹制品

1) 低发泡木塑制品挤出机头的功能。

① 使挤出的木塑物料从挤出机内的螺旋运动逐渐变成直线运动, 同时还要保证熔融料流在机头流道中的均匀性。

② 在挤出机头内要形成足够的挤出压力, 一般应达到 $5 \sim 16\text{MPa}$, 制品才会密实, 机头必须刚性好, 强度高, 在较大挤出压力下保持不变形。

③ 机头内部流道结构能使物料更进一步塑化和均化, 使植物纤维与高分子基材在机头内部进一步融合, 再均匀挤出, 完成木塑低发泡材料从黏流状态到固态的转化。

④ 在挤出型框的口模后面的木纹分条板, 应能使色料分成条形, 并在挤出压力下弯曲成型像木纹状。

2) 木塑制品口模的设计。口模的流道应呈流线型, 无突变区、滞流区, 避免扩张, 以保持持续稳健的压缩。口模截面形状应与制品截面形状尺寸基本一致。适当考虑挤出口模膨胀因素以及牵引拉伸和定型冷却的收缩因素变化, 口模一般应比制品大一些。另外机头材料要选用硬度高、耐磨、耐腐蚀的材料, 必要时还要进行热处理。

木塑制品异型材机头流道结构如图 1-51 所示, 机头流道结构一般可分为过渡段、分流段、压缩段、定型段。定型段的长度为 $(10 \sim 40)$ 倍口模间隙值。木塑制品不需要多孔板和过滤网, 机筒内的物料直接进入机头型腔。

口模设计方案。

① 由于木塑复合材料对温度的敏感性，模具外形要放大些，增大壁厚增加热容量，使口模温度稳定性好。

② 定型段间隙 $\delta = \rho S / 1.4L$ ，其中 ρ 为制品密度， S 为制品截面积， L 为制品外围长度。

③ 机头挤出方向的尺寸尽量取小些，以缩短料流时间。定型直线段的长度也尽量短些，一般为 $(10 \sim 20)\delta$ 。

④ 压缩比暂定为 4。

⑤ 冷却板厚度不超过 25mm。

冷却过长，材料结皮层厚，发泡部分薄，密度太大。

⑥ 适当增加尾锥长度和平度，可避免物料提前发泡。

⑦ 如要在模内预发泡，应设计发泡芯棒，以形成膨胀空间。

⑧ 为了形成清亮的木纹，可在流道设置分色板。

(6) 木塑制品的定型模具（真空定型） 真空定型模可以与机头连接在一起，水槽又与真空定型模相连，型坯经过较长的真空定型模基本冷却后进入水槽。在水槽内设置了多个在一条中心线上的定直卡板模，以确保低发泡木纹座板平直度。一般情况下，低发泡木塑制品与异型材制品的真空定型模相同。

1) 定型模设计的原则。结构型式合理，真空回路吸附面积和水冷回路的冷却面积达到要求，并且操作方便，型坯容易引入，易清理，散热好，冷却和真空吸附回路的密封性好，真空槽无死角，定型模截面积、定型长度、冷却系统的设计都能满足成型要求。

2) 定型模截面积。通常定型模截面积为定型模型腔尺寸 $\times 1.005$ 。为减少阻力，后几节定型模可以和第一节相同，虽然间隙大但阻力小，容易通过。

3) 定型模的长度。定型模可以多节串联使用。

4) 定型模的冷却。应尽量在高效率下冷却定型。图 1-52 所示为木塑低发泡型材定型模三模串联的打开状态。

1.5.7 低发泡挤出成型技术

(1) 典型低发泡木塑镜框制品工艺流程 PS 低发泡镜框型材挤出机→低发泡木塑挤出专用机头→真空定型模→冷却水槽（在槽中适当距离加设定直块）→热风吹干水分→烫印机组烫花→牵引机牵引→圆锯片刀切断→整齐堆放。

低发泡木塑镜框制品如图 1-53 所示，普通木塑产品如图 1-54 所示。

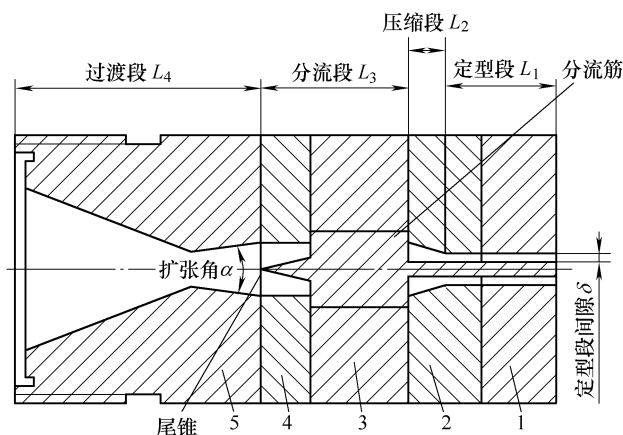


图 1-51 木塑制品异型材机头流道结构

1—口模板 2—压缩板 3—分流板 1 4—分流板 2 5—连接头

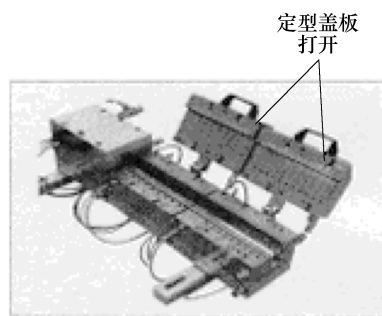


图 1-52 定型模三模串联

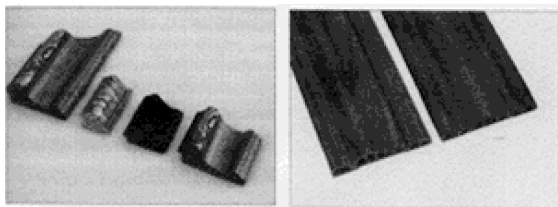


图 1-53 低发泡木塑镜框制品

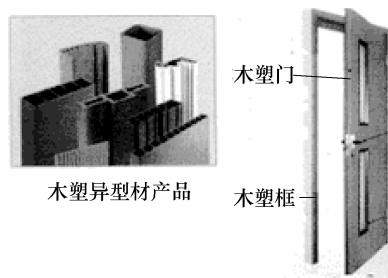


图 1-54 普通木塑产品

低发泡挤出制品的性能。

- ① 低导热性（优异的绝缘性）。
 - ② 优异声波阻尼性。
 - ③ 容易成型加工（类似于木材，可锯、可钉、可刨，可用加工木器的方法加工 PVC 发泡体）。
 - ④ 高度阻燃性（B1 级以 DIN4102 为标准，用于建筑材料）。
 - ⑤ 优异的抗化学腐蚀性（用彩色溶液可以上色）。
 - ⑥ 优异的耐气候性（适宜室外使用）。
 - ⑦ 由于密度低，所以原料成本低。
- 低发泡木塑镜框生产线如图 1-55 所示。

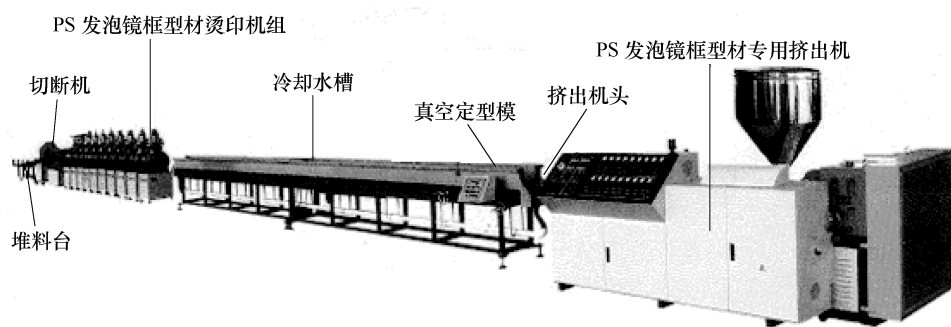


图 1-55 低发泡木塑镜框生产线

木塑制品一般都是低发泡异型材，它的相对密度接近 1，但总是低于 1，一般均为 0.6 ~ 0.95，发泡倍率为 1.3 ~ 2，所用原料一般为 ABS、PE、PP、PS、PVC 等树脂，发泡的方法有离模发泡、烘箱发泡和模内发泡、共挤发泡等。

(2) 低发泡挤出的发泡形式

1) 离模发泡法。含有发泡剂的塑料熔体，在离开口模后立即发泡。此时型坯向外侧自由膨胀，并随后进入用法兰和口模连接的定型冷却模中，继续发泡，直至定型冷却结束，如图 1-56 所示。

2) 烘箱发泡法。烘箱发泡法通常用于加工含有发泡剂和交联剂的聚乙烯。常规生产过程中，挤塑未交联和未发泡的型坯片材，当这类挤出物离开口模后，并不立即发泡，而是在随后的烘箱中交联发泡。这种低发泡型材生产的工艺特点是：

① 烘箱发泡必须保证发泡分解的时机恰到好处。即不能过早在挤塑机或挤塑模中发泡,否则会造成气泡流经模壁时被撕破,致使型材表面不良或粗糙。

② 含有发泡气体的塑料熔体,其黏度很低,容易很快流出口模,因此必须借助模具流道的特定构造,增加流动阻力,降低熔体流速。

③ 支承发泡片材的支架留下的熔接痕,比在致密片材上更清晰。因此,这种机头的支架要尽可能少,最多两根,且应设在以后剖开发泡片材的切割面中。

④ 熔体流动压力较低。如对 RPVC,熔体流动压力为 10~30MPa 较为适宜。

3) 机头模内发泡法。

① 纵向高阻力模内实芯低发泡机头如图 1-57 所示。这种机头适用于横截面积小的异型材。与同类型异型材机头相比,在机头模套内圈出口处,有一短(长约 1~2mm)而窄(宽约为流道高度的 10%)的阻流区,用来大幅降低熔体在出口区的压力,以引发熔体发泡。

② 分流锥孔板式模内发泡机头如图 1-58 所示。这种机头和一般异型材机头相似,但分流板上无分流锥,上边的孔比一般异型材机头多孔板上的孔大。且机头没有多孔板和滤网,采用孔板式分流板的目的是保证熔体在机头中产生适当的压力,并在后面的两板降低压力利于熔体发泡,再使熔体从口模挤出。第三板是发泡分条板,分条的目的是形成木纹条。

③ 模内中空阻流低发泡机头

如图 1-59 所示。这种机头在模腔中设有阻流芯棒,以形成阻流区。它的口模成型段较短,兼有阻流作用,让熔料在发泡区停留时间长一些,能更充分膨胀发泡。口模前段为发泡区,可使熔料放松膨胀发泡。它的定型模与普通异型材真空定型模相同,定型模与口模并联。

④ 模外向内发泡机头。这是一种特殊工艺,在机头内有型芯,使塑化的料束分流,挤出物离开口模后,出口有型芯,制品进入定型模后立即在制品表面进行强

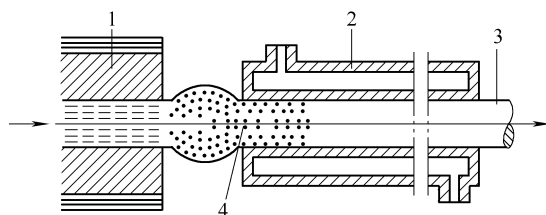


图 1-56 离模发泡工艺示意图

1—口模 2—真空定型冷却模 3—实芯皮层 4—发泡芯

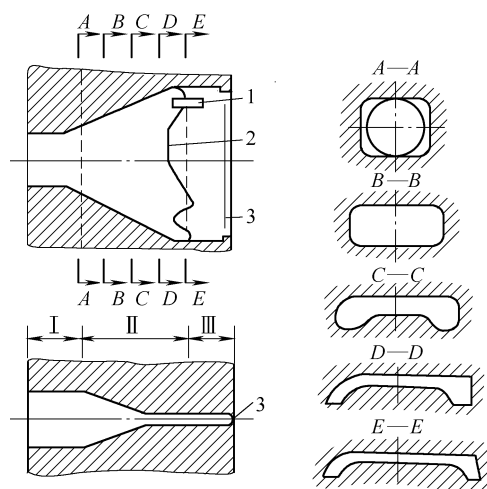


图 1-57 纵向高阻力模内实芯低发泡机头

I—供料区 II—过渡区 III—口模成型区
1—导向槽 2—变化的口模成型段长度 3—阻力区

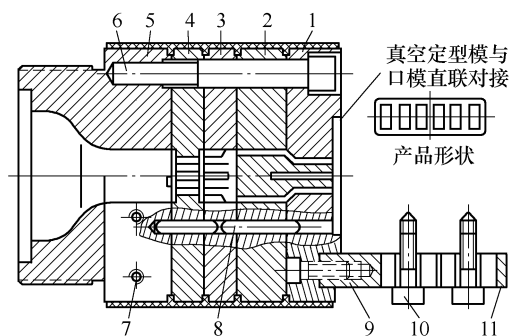


图 1-58 分流锥孔板式模内发泡机头

1—口模板 2—压缩板 3—放松发泡分条板 4—混胶压缩板
5—连接板 6—螺钉 7—螺钉孔 8—定位销 9—螺钉
10—螺钉 11—连接板

制冷却形成皮层,以控制制品表面不发泡并硬化。因口模有型芯,定型模中间有型芯留出的空间供膨胀发泡,此时发泡在芯部,如图1-60所示,这种控制外层不发泡的工艺称为结皮发泡工艺。通过这种向内发泡的工艺可以得到表面坚硬的发泡制品,并且通过控制冷却的强度,可以控制硬皮的厚度。这类型材具有密度低、硬度高和表面光滑的特点。

⑤ 共挤发泡机头。图1-61所示为共挤发泡机头及定型模。它是采用两台挤出机分别挤出不发泡的表层和发泡的芯层物料,经共挤出成型的工艺。可根据需要调整两层物料的品种和配方,使制品达到要求的密度和尺寸。共挤发泡的优点是结皮层和发泡层的倍率容易控制,制品的外观和内在质量都较前几种方法高。

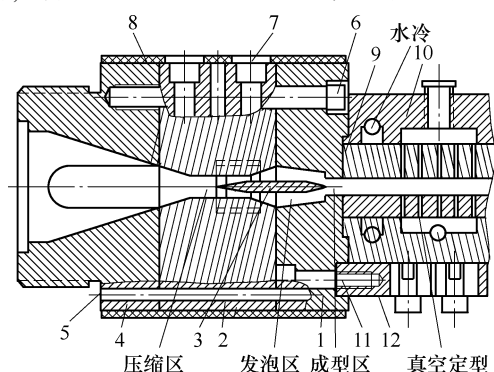


图 1-59 模内中空阻流低发泡机头

1—口模板 2—发泡分流板 3—发泡芯棒 4—连接板
5—定位销 6、7—固定螺钉 8—加热圈 9—隔热垫板
10—真空定型板 11—螺钉 12—定型模连接板

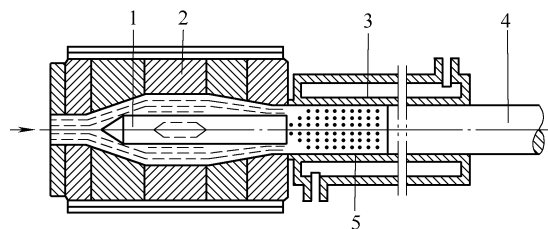


图 1-60 向内发泡工艺示意图

1—型芯 2—口模 3—真空冷却定型模
4—实芯皮层 5—发泡芯

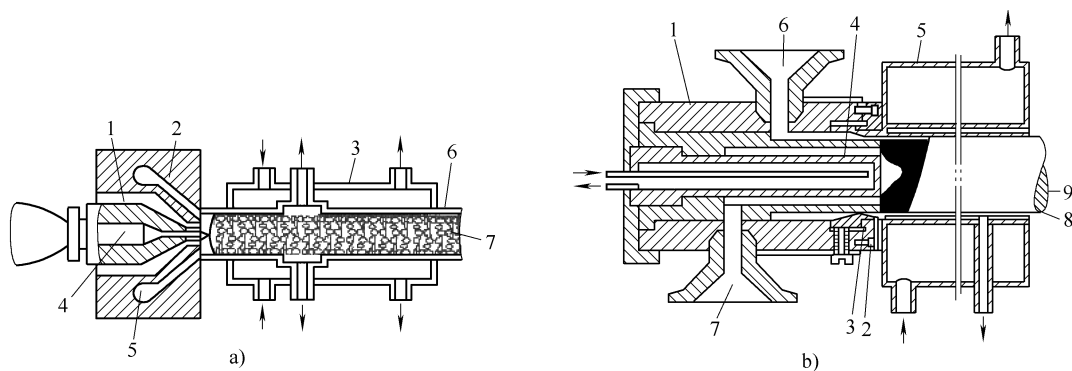


图 1-61 共挤发泡机头及定型模

a) 共挤发泡法

1—挤出口模 2—挤出机头 3—定型套 4—熔体（含发泡剂） 5—熔体（不含发泡剂） 6—中空体 7—发泡芯层

b) 两股不同料流成型的实心和中空型材的共挤出方法

1—口模 2—外口模 3—内口模 4—模芯 5—定型套 6—熔体（不含发泡剂）

7—熔体（含发泡剂） 8—密实外表皮 9—泡沫芯层

(3) 低发泡原材料准备 低发泡材料是在普通塑料原料中加入发泡剂组成的。

1) 发泡剂。

① 物理发泡剂。常用于发泡管形的薄膜挤出,具有阻燃和无毒的特点,并与高聚物熔

体有很好的亲和性。

② 化学发泡剂。发泡程度有限 ($<70\%$)，可得到高密度和中密度泡沫。采用化学发泡剂可使用常规挤出机，而物理发泡剂只能在特殊的直接加气挤出机上通过压力注入到熔体中。硬质 PVC 异型材、管材、板（片）材都采用化学发泡剂。

化学发泡剂分解温度范围比较窄且稳定，分解速度快且可控制；单位质量的发气量大，分解的气体无燃烧性、腐蚀性和毒性；分解的残余物无色、无臭、无毒，对原料性能无影响；价格低廉，储存时不易分解；发泡剂分解时产生的热量不大；发泡剂及残余物与 PVC 塑料熔体具有良好的相溶性。

化学发泡剂采用的一般是偶氮二甲酰胺（AC 发泡剂）。它在发热超过临界温度时分解，放出惰性气体，起到发泡作用。

偶氮化合物中常用的发泡剂见表 1-10，AC 发泡剂是最常用和最重要的化学发泡剂。

表 1-10 偶氮化合物中常用的发泡剂

发 泡 剂	加工温度/℃	气体产量/($\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$)	浓度(%)	用 途
AC(偶氮二甲酰胺)	165 ~ 215	220 ~ 210	0.1 ~ 4.0	PP、PS、ABS、PRE、PVC
AZDN(偶氮二异丁腈)	110 ~ 125	130 ~ 110	0.5 ~ 6.0	PVC
BADC(偶氮二碳酸盐)	250 ~ 300	200 ~ 270	0.1 ~ 1.6	PC、ABS、PA、PVC

2) 发泡助剂。发泡助剂是促进分解发泡和形成发泡核的物质。很多无机物可作发泡助剂，如醋酸锌、滑石粉、钙、锌金属皂（热稳定防降解兼发泡）等粉状固体。由于均聚 PVC 的伸长率低，不可能得到密度低于 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 的泡沫。为此，可通过加入发泡改性剂（如丙烯酸聚合物、苯乙烯聚合物），使泡沫密度低于 $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ 。改性剂加入后不仅能提高塑化速度，缩短塑化时间，还可提高熔体的强度，抑制过大气泡形成，改善泡孔的质量。

3) 树脂。低发泡挤出成型所用树脂主要有 RPVC、PS、HIPS、HDPS、PP、ABS 等。生产 PVC 低发泡异型材制品，不仅要求树脂要均匀的塑化成型，而且要求 PVC 在熔融状态下适合发泡，气泡能够均匀分散在熔体中，泡孔不被挤破。 K 值为 58 ~ 65 的 PVC 可用来制造硬质发泡体，最好是悬浮聚合和本体聚合 PVC。 K 值为 70 ~ 75 的悬浮 PVC 适合制造软质发泡体。

4) 其他助剂。

① 稳定剂。铅系稳定剂因价格低、容易加工而应用广泛，主要用于室内用的低发泡型材、管材、板（片）材。有机锡稳定剂价格较高，主要用于室外用的低发泡型材、管材、板（片）材。

② 润滑剂。使用润滑剂的目的是使 PVC 低发泡的挤出过程更加容易。在泡沫挤出过程中，熔体应平滑流过型腔，形成光滑、不容易破裂的表面。通常在 PVC 配方中使用几种润滑剂，几种润滑剂综合，比使用单一润滑剂效果要好。

③ 改性剂。对 PVC 型材必须加少量 ACR 改性剂与 PVC 进行共混。硬质制品加入 ACR 改性剂的量为 5 ~ 8 份（质量份）。加入改性剂后不仅能提高塑化速度，缩短塑化时间，还可提高熔体的强度，抑制过大气泡孔的形成，改善泡孔的结构。

MBS 对低发泡 PVC 的成型加工和发泡性能也具有较好的促进作用，同时还能改善发泡体气泡外壁的柔软性和熔体的黏弹性，一般用量为 8 份（质量份）。

④ 填料 加入填料可大幅降低制品的成本，改善熔体的流动性，提高制品的力学性能。

填料在发泡过程中还能起到成核剂的作用,但必须同时加入一定量的填充剂来作成核剂,以便形成均匀的泡孔,使性能提高。这类成核剂主要有二氧化钛、二氧化硅、硅酸钙、氢氧化铝、硅藻土等。如果选用活化处理的轻质碳酸钙或硅酸钙作成核剂,则效果更好,用量一般控制在10份(质量份)以内。

⑤ 颜料。将颜料或颜料预混物加入到PVC粉末中,通过高速搅拌机与物料混合均匀,用于制造彩色PVC制品,

(4) 低发泡挤出成型设备 主要包括混炼设备、挤出机、机头、定径套、冷却装置、牵引装置、切断装置等。

1) 挤出机。双螺杆挤出机由于材料滞留时间短、温度分布范围小、发热少、树脂温度容易调节而被广泛应用于硬质PVC低发泡制品的生产中。

单螺杆挤出机由于设备简易、成本低,一些简易和小型低发泡制品使用较多。要求螺杆长径比为 $L/D=24\sim 26$,为抑制发热,压缩比为 $2.2\sim 2.6$ 较好。注意压缩比不能过高,可以通过控制背压、调节螺杆温度、严控机筒温度,使料斗部位保持低温。使用单螺杆挤出机生产UPVC结皮低发泡型材应满足以下基本要求。

① 挤出机传动系统动力要足够大,以保证可以输送高黏度、高弹性的发泡熔体。

② 螺杆压缩比为 $2.5\sim 3$,以保证能够产生足够大的熔体料压,阻止熔体在机头内提前发泡。

③ 挤出机螺杆长径比为 $24\sim 28$,以便PVC干混粉料充分塑化。

④ 由于选用填料(CaCO_3 、 TiO_2 等)作为发泡成核剂,而填料加大了熔体加工时对挤出机机筒和螺杆的摩擦挤压力度,所以要求机筒和螺杆耐磨性好,抗腐蚀性强。

⑤ 由于发泡剂AC分解的固体残渣和升华物中有强腐蚀性的三聚氰酸(氰尿酸),加大了对熔体的腐蚀,要求机筒和螺杆耐磨性好。

2) 机头口模。机头内的流道设计很重要。机头流道应呈流线型,且机头流道到出口的断面要缓慢缩小,若中间有急剧变化会引起膨胀发泡。机头口模设计基本要求如下。

① 机头流道设计合理,流速均匀,无死角,口模定型段短,且要抛光、镀铬。

② 机头的温度控制精度高,温度高低调节方便快捷。

③ 机头强度好、刚性高、承受压力高且可调,能防止熔体提前发泡。

④ 耐腐蚀能力强,抗磨损性能好。

3) 定型套及冷却装置设计的基本要求。

① 结皮低发泡塑料层传热性差,必须配套足够的冷却装置。

② 真空定型能力高,真空度可调。

③ 真空定型模的型腔表面应光滑,表面粗糙度值在0.4以上。

④ 考虑到结皮发泡塑料层的收缩,应留出一定的收缩余量。

4) 牵引装置。由于型材在定型模内会发泡膨胀,所以牵引机的功率要大,一般采用履带牵引机,特殊形状要求履带胶块表面形状与制品一致,以增大接触面积,防止打滑和变形。

5) 切割装置。切割装置与异型材和管材切割设备基本相同。

(5) 低发泡挤出成型工艺

1) 工艺流程。低发泡制品挤出工艺流程包括原材料配置、挤出发泡、成型和冷却定

型，如图 1-62 所示。

2) 工艺过程。

① 混合。在 PVC 硬质发泡料配方中，稳定剂、润滑剂、化学发泡剂、填料和颜料与 PVC 在高速混合机中一起混合，当温度达到 85℃ 时，再加入发泡助剂、交联剂，也可以加入一些催发剂，继续混合直到原料达到 110℃。然后转到低温混合机中混合，冷却到 40℃。

② 造粒。如果用单螺杆挤出生产必须先造粒才能生产。造粒要求颗粒整齐，没有发泡，造粒螺杆转速应控制在 20 ~ 40r/min。

3) 挤出工艺。低发泡成型工艺条件见表 1-11，生产厚度为 10mm 的硬质 PVC 低发泡板材的主要工艺参数见表 1-12。

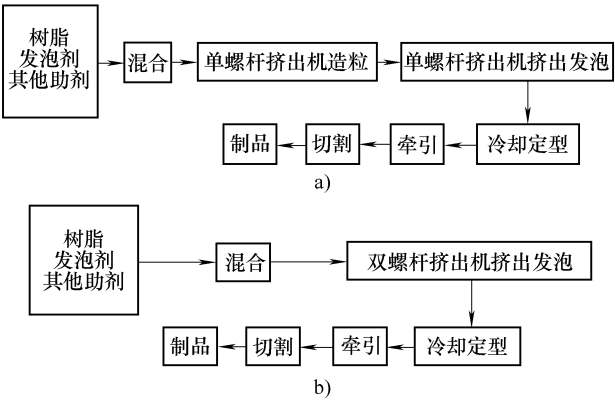


图 1-62 低发泡异型材挤出工艺流程
a) 单螺杆挤出机生产 b) 双螺杆挤出机生产

表 1-11 低发泡成型工艺条件 (单位:℃)

材料名称 成型工艺	聚苯乙烯	聚丙烯	聚氯乙烯 (自由发泡)	材料名称 成型工艺	聚苯乙烯	聚丙烯	聚氯乙烯 (自由发泡)
挤出机机筒 1 段温度	135	160	145	连接器温度	145 ~ 150	165	170
挤出机机筒 2 段温度	150	175	175	口模温度	145 ~ 150	150	150
挤出机机筒 3 段温度	175	190	180	模唇温度	135 ~ 140	145	140

表 1-12 生产厚度为 10mm 的硬质 PVC 低发泡板材的主要工艺参数

序号	工 序 名 称	主要工序参数	
1	热混合	热混合终点/℃	115
		热混合对应时间/min	7 ~ 8
		热混合安全温度/℃	120
		冷却控制温度/℃	≤40
2	双螺杆挤出	机筒温度/℃	160,188,188,175,160,160
		螺杆温度/℃	150
		连接套温度/℃	160
		模具温度/℃	165,165,160,160,180,180
		模唇温度/℃	(上/下)150/150
		双螺杆转速/(r/min)	20
		加料螺杆转速/(r/min)	30
		机筒真空度/MPa	0.08 ~ 0.09
3	三辊压光	上辊温度/℃	90
		中辊温度/℃	70
		下辊温度/℃	70
4	双辊牵引	牵引速度/(m/min)	4 ~ 6
		气压/MPa	0.6
5	定长切割	牵引速度/(m/min)	4 ~ 6
		横向滑轨速度/(m/min)	1.3 ~ 1.4
		切割速度/(m/s)	1 ~ 2

4) 冷却定型。冷却水温度控制在 $18 \sim 25^{\circ}\text{C}$ ，真空度压力为 $0.05 \sim 0.07\text{MPa}$ 。挤出速度应稍小于牵引速度，以保证型坯充满定型模型腔。

5) 切断与收集。和异型材、管材切割与收集相同。

(6) 用多孔机头制造合成木材 采用多孔机头制造合成木材的基本方法如图 1-63 所示。

1) 合成木材的制造方法。从多孔模唇挤出很多发泡细条，如图 1-63a 和图 1-63b 所示。在集束状态下使它们熔融黏附后通过定型模，由此制得具有直线木纹状的发泡体。改变具有很多小孔的机头模唇的定型段长度，可使内部和外表部的发泡倍率发生变化。使模具最外边的多数小孔截面形状呈偏平倾斜，并进行集束挤出时，由于邻近树脂细条的两侧边缘叠合，因此可制造外观美丽的合成木材。

2) 带年轮状合成木材的制造方法。如图 1-63c 所示，该方法的机理是多根挤出筒状体加压成型为截面有年轮状合成木材。由这一方法制得的发泡体，在各筒体的接触界面处以及各筒状体的内外两个表面皮层相互受压粘合，成型为多圈环状年轮模样。这种制品不仅截面与木材相似，而且由于存在年轮状皮层而使弯曲强度明显提高。

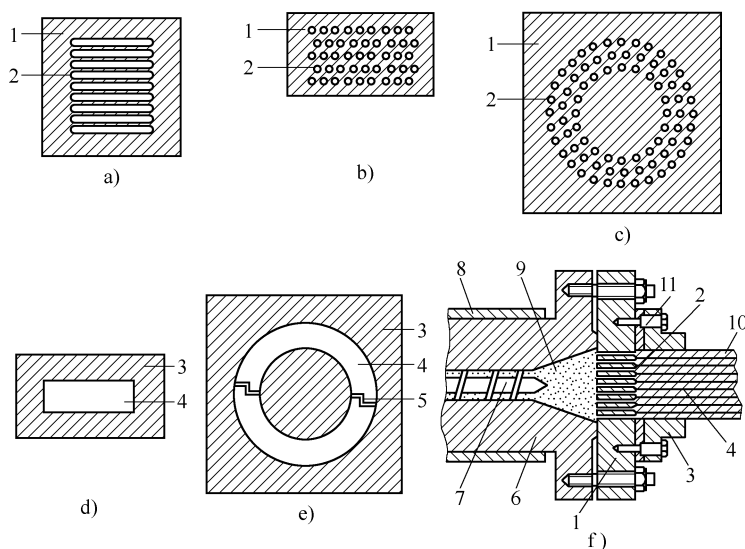


图 1-63 采用多孔机头制造合成木材的基本方法

a) 多片形口模 b) 多排孔形口模 c) 管形口模 d) 矩形定型模 e) 管形定型模 f) 挤出成型状态

1—口模 2—模隙 3—定型模 4—型腔 5—模芯支架 6—模唇 7—螺杆

8—加热器 9—发泡体 10—制品 11—隔热垫片

3) 带有流动直木纹合成木材的制造方法。在机头挤出端面且与轴线垂直方向上装有可移动的带状移动模唇，它沿纵向往复运动，从而使从带状移动模唇上的小孔中挤出的发泡树脂细条蠕动爬行，形成弯曲且带有流动形态的木纹形状。

(7) 低发泡挤出机头的结构特点

1) 机头内要形成高阻力，这样可提高物料挤出时的出口压力，从而抑制发泡体在机头内的增长。

2) 模唇在开始设计时可设计得小一点，以便于试模以后的修改。如果流动截面较大，为了均衡匀速的流动，可设置节流和调整装置。

3) 机头与定型模之间的距离应尽量小。距离小不仅制品表面光滑,而且不易形成多孔的粗糙表面(熔体破碎效应造成的)。定型模温度高,发泡体密度低;定型模温度低,则发泡体密度高。

4) 由于发泡体导热性差,制品壁又较厚,所以发泡型材需要比非发泡型材冷却更长的时间,需要的冷却槽也 longer。

5) 由于熔融材料内部含有挥发性气体,因此如果在机头内局部流道面积急剧变大,则物料在这一部位就会产生急剧膨胀,这样容易产生制品壁厚不均和密度不均等现象。所以机头内部的树脂流道截面应逐渐缩小,并在机头前端到达极限。由于机头模唇的定型段极短,为使机头前端增压,也广泛采用设有鱼雷头的机头结构。

6) 由于低发泡熔体的膨胀率极大,形状变化也大,因此与非发泡相比,修正模唇所需时间更多。低发泡聚氯乙烯在具有普通截面(宽与高之比约为5)的机头内,厚度方向的膨胀率为60%~100%,宽度方向的膨胀率为10%~30%。由此可从所需异型材制品的尺寸计算出模唇的尺寸。定型模设置在离机头25~300mm处。制品形状随牵引速度的不同而变化。

(8) 木塑低发泡型材生产中异常现象、产生原因及解决方法(见表1-13、表1-14)。

表 1-13 木塑低发泡型材挤出成型中的异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
料斗供料波动	①物料流动性差 ②料斗中形成架桥 ③加料段温度过高	①木粉要达到干燥要求 ②安装搅拌器 ③加料段通冷却水
挤出量少	①供料不足 ②物料润滑性差 ③成型温度偏低	①提高喂料电动机转速 ②调节润滑剂用量 ③提高成型温度
型材制品收缩大	①牵引速度过快 ②冷却不充分 ③冷却水水温偏高	①调低牵引速度 ②充分冷却型材 ③降低水温,提高冷却效率
型材弯曲变形	①真空度、冷却水进出量不稳 ②模具流道、间隙不合理 ③挤出速度过快	①检查真空表、冷却水通道 ②修正模具使之均匀出料 ③降低挤出速度
物料分解	①成型温度太高 ②配方不合理 ③模具表面划伤	①降低成型温度 ②调整配方,提高热稳定性 ③修正模具
熔料出料不均匀	①挤出机或喂料不稳定 ②电热圈加热不正常 ③不同配方的物料混入	①检查挤出机或喂料机 ②调换加热圈 ③加强混料工序的管理
型材表面粗糙无光泽	①塑化温度过低 ②润滑剂品种、用量不适 ③物料混合不均	①提高成型温度 ②调整润滑剂用量 ③调整混料温度和时间,注意加料顺序
中空型材筋或孔变形	①机头温度过高 ②真空操作不当 ③冷却效果不佳	①降低机头温度 ②正确操作,调节真空度 ③降低水温,加大循环水量
型材锯口破碎	①锯片进刀速度偏快 ②锯片未锯在型材中心点上 ③配方不当,塑化不良	①调慢进刀速度 ②调整切割机 ③调整配方,注意塑化温度
制品的强度、断后伸长率降低	①混料工序未达到要求 ②挤出机的挤出条件不当 ③牵引机速度控制不当	①充分混合,控制温度、时间 ②严控挤出条件 ③调整牵引速度

表 1-14 结皮法 UPVC 低发泡型材生产中异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
制品发泡倍率低	①机筒温度低,发泡剂未全分解 ②树脂型号高,黏度大,难成气泡	①加高机筒温度 ②更改树脂型号
发泡不充分,制品密度大	①发泡剂用量不足 ②温度太低,发气量不够 ③温度过高,气泡破裂 ④配方不当,提前或滞后发泡 ⑤熔体强度低,包不住气体 ⑥熔体温度过高,抑制泡孔形成或膨胀	①适当加大发泡剂的用量 ②适当提高加工温度 ③适当降低加工温度 ④调整发泡剂、活化剂用量 ⑤更换树脂型号,加大 ACR 用量 ⑥更换树脂,适当降低 ACR 用量
制品表面凹陷	①局部发泡不充分 ②局部出料慢 ③真空负压不足	①提高对应位置模具温度 ②加大对应位置口模间隙 ③适当加大真空负压
制品表面波浪形	①出料不均 ②温度不均匀,造成出料不均 ③电源电压不稳定 ④阻力过大	①调整口模间隙 ②调整温度,使温度均匀 ③稳定电压 ④适当降低真空台负压及上台压力
制品表面鱼鳞纹	①局部出料慢,表皮拉破 ②气体冲破表皮	①加大口模间隙,提高温度 ②降加工温度和发泡剂用量,加大 ACR 用量
制品发黄或烧焦	①加工温度过高 ②挤出过慢 ③稳定剂用量太少	①适当降低加工温度 ②适当提高挤出温度 ③适当加大稳定剂用量
制品局部空心分层	①口模间隙过小 ②温度过低 ③牵引速度太快	①适当加大口模间隙 ②适当提高口模温度 ③适当降低牵引速度
制品脆性大	①填料用量过大 ②抗冲击剂用量不足	①适当降低填料用量 ②适当加大抗冲击剂用量

第2章 薄膜机头设计与试模调机

2.1 吹塑薄膜生产设备

2.1.1 吹塑薄膜挤出机

吹塑薄膜一般用单螺杆挤出机，螺杆直径为45~150mm，长径比通常为20~30。但挤出PVC薄膜时长径比不宜过大，一般取20。为了提高混炼效率，在螺杆头部增加混炼装置，此时螺杆的长径比较大，一般取25以上。生产吹塑薄膜，一般根据所生产薄膜的宽度和厚度选用适合规格的挤出机。此外，选择挤出机还要考虑被加工塑料的性能，如加工热敏性PVC塑料时，为防止塑料在机筒停留时间过长，避免螺杆头和多孔板之间的积料，螺杆头应设计为尖头。而螺杆不得用屏障型的，以免剪力过大，引起塑料分解。

吹塑用单螺杆挤出机，大多选用直径为65mm、长径比为20~25、压缩比为3、转速为10~90r/min的一般通用型挤出机就可以了。

生产薄膜的方法有压延法、挤出吹塑法。其中挤出吹塑法应用最广，需要的设备简单，操作又方便，同一台机可以生产多种规格的薄膜。图2-1所示是较典型的吹塑薄膜机组，主

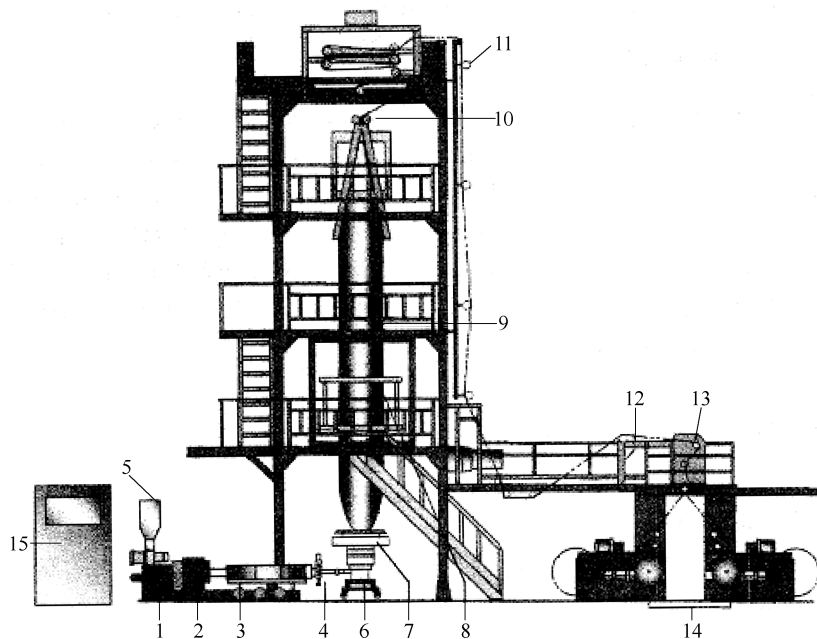


图 2-1 吹塑薄膜机组

- 1—交流主电动机 2—减速器 3—挤出机 4—换网器 5—自动称量加料系统 6—机头
7—带非接触式超声波探头的IBC内冷系统 8—电动笼型稳泡器 9—薄膜厚度检测装置
10—旋转牵引和人字夹板 11—膜泡宽度测量和控制系统 12—自动纠偏装置
13—双面电晕处理机 14—全自动低张力收卷系统 15—控制柜

要由挤出机、机头、冷却风环、吹膜架、人字板、牵引装置、收卷装置等组成,另外还有加料系统、测厚(测宽)装置、电晕处理装置等辅助装置。吹塑薄膜机组按不同材料和不同制品的要求,又有上吹、下吹、平吹三种。

螺杆直径与吹膜机头直径的关系见表2-1。

表2-1 螺杆直径与吹膜机头直径的关系

(单位: mm)

螺杆直径	45	50	65	90	120	150
机头直径	<100	75 ~ 120	100 ~ 150	150 ~ 200	200 ~ 300	300 ~ 500

2.1.2 薄膜挤出辅机

(1) 冷却装置 膜管刚从机头挤出时的温度较高,约为 160°C ,呈半流动状态,从吹胀到进入牵引夹辊的时间很短,仅几秒钟到一分钟。膜管要达到一定的冷却程度,单靠自然冷却是不够的,必须强行冷却。否则膜管不稳定,薄膜厚度和折径很难均匀,牵引、卷取时薄膜易粘连。

吹塑薄膜用的冷却装置应当满足生产能力高、制品质量好、生产过程稳定等要求,须有较高的冷却效率,冷却要均匀,能对薄膜厚度不均匀性进行调整,挤出过程中保证泡管稳定、不抖动,生产出的薄膜具有良好的物理力学性能。

吹塑薄膜常用的冷却装置有冷却风环、冷却水环、双风口减压风环和内冷装置四种。图2-2所示为普通风环的结构。

1) 冷却风环。风环一般位于距离机头 $30 \sim 100\text{mm}$ 的位置,薄膜直径增加时选大值。风环的内径比口模的内径大 $150 \sim 300\text{mm}$,小口径时选小值,大口径时选大值。普通风环的作用是将来自风机的冷风沿着薄膜周围均匀、定量、定压、定速地按一定方向吹向管膜泡。普通风环由上下两个环组成,有 $2 \sim 4$ 个进风口,压缩空气沿风环的切线方向或径线方向由进风口进入。在风环中设置了几层挡板,使进入的气流经过缓冲,稳压,以均匀的速度吹向管泡。出风量应当均匀,否则管泡膜的冷却快慢就不一致,从而造成薄膜厚薄不均匀。风环出风口的间隙一般为 $1 \sim 4\text{mm}$,间隙大小可随时调节。实践证明,风从风环吹出的方向与水平面的夹角 β (出风口角度,一般又称为吹出角)最好选择为

$40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。如果该角度太小,大量的风以近似垂直方向吹向管泡,会引起管泡周围空气的运动。运动的空气引起管泡飘荡,使薄膜产生横向条纹,影响薄膜厚薄的均匀性,有时甚至会吧管泡吹断。角度太大,会影响薄膜的冷却效果。另外,这些角度吹出的风还可以起到托住膜泡的作用,对管泡的冷却效果有利。出风口与薄膜间的径向距离应调节到最佳长度,以得

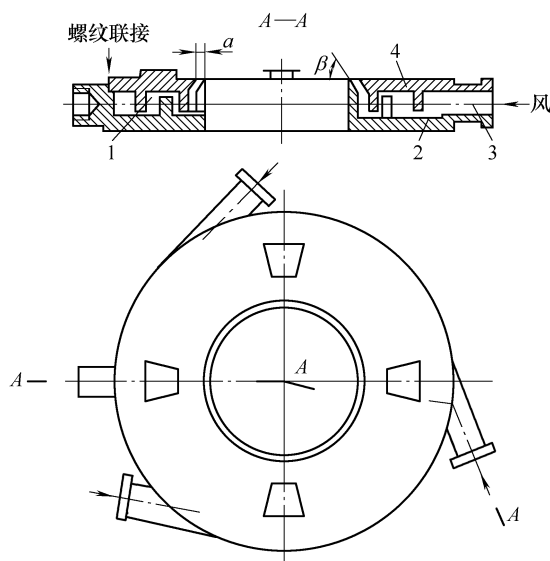


图2-2 普通风环的结构

1—内室 2—风环体 3—进风口 4—风环盖
a—出风口间隙 β —出风口角度

到最好的风速。压缩空气的量常选定在 $5 \sim 10 \text{ m}^3/\text{min}$ 。通过调节风环中的风量，可适用于各种薄膜的冷却，还可控制薄膜的厚度。

2) 冷却水环。在平挤下吹法的生产线中，熔体管泡刚离开口模时先用风环冷却，使管泡基本稳定后，再用水环冷却，以得到透明度比较高的薄膜产品。冷却水环的结构如图 2-3 所示。

由图 2-3 可知，冷却水环是内径与膜管外径相吻合的夹套。夹套内通冷却水，冷却水从夹套上部的环形孔顶点溢出，沿薄膜顺流而下。薄膜表面的水珠通过包布导辊的吸附作用把管泡表面的水点吸收。

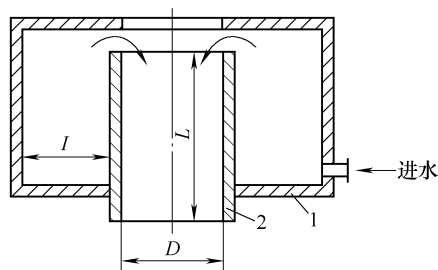


图 2-3 冷却水环结构

1—冷却水槽 2—定型管

3) 溢流式水冷却定型环。对聚丙烯、聚酰胺等结晶性高聚料，在熔融过程中需要吸收大量的热（包括显热和潜热两部分），且成型温度较高，因此在冷却定型时，需要放出大量的热。为了避免结晶速度不同引起的弊病（结晶度和晶体结构的差异会造成性能不一及外观质量下降），必须有效控制冷却速率。实践证明，采取水骤冷方式可以生产出透明度高、平紧度好、脆性低、物理机械性能均一的聚丙烯和聚酰胺薄膜，通常采用溢流式水冷却定型环，如图 2-4 所示。

溢流式水冷定型环的内径，主要根据薄膜规格和塑料的性能决定。对于聚丙烯吹塑薄膜可采用下式计算：水环内径 $= 0.637 \times \text{折径} + 2$ （后收缩量），溢流式水冷却定型环与口模直径的选取主要和吹胀比有关。

4) 双风口减压风环。双风口减压风环是一种负压风环，结构如图 2-5 所示。它有两个出风口，分别由两个鼓风机单独送风，出风口的大小可调节。风环中部设置的隔离板分成上、下两个风室，在上、下风室间设置了降压室。

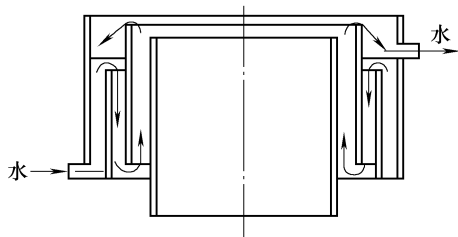


图 2-4 溢流式水冷定型环

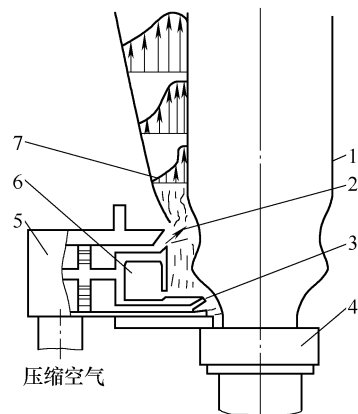


图 2-5 双风口减压风环的结构

1—管泡 2—上风口 3—下风口 4—机头

5—减压风环 6—减压室 7—气流分布

双风口减压风环的主要结构参数包括风环内径和风口吹出角度。为使风环产生足够的负压，便于开机时的引膜操作，推荐下风口直径 $D_{\text{下}}$ 比口模直径大 100 mm 。上风口的直径 $D_{\text{上}}$ 要根据薄膜的吹胀比而定，一般取 $(1.1 \sim 2.0) D_{\text{下}}$ 。当吹胀比较大时取上限值，当吹胀比较小时尽量取下限值。风口吹出的角度推荐如下：上风口吹出角为 $60^\circ \sim 70^\circ$ ，下风口吹出

角为 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 。

双风口减压风环具有如下两方面的优点。

① 充分利用负压效应使管泡在风环内提高膨胀程度，增加薄膜吹胀的换热面积。由于管泡提早膨胀，减少了熔膜的厚度，使换热效应得到加强，从而使管泡的冷却面积扩大，增加了管泡的刚度、强度及稳定性。

② 通过“负压效应”，加快冷却空气的流动，使其沿着管泡的流动方向前进，确保管泡的流动稳定，达到流动状态最佳化，提高换热效应。

5) 内冷装置。内冷装置从理论上讲，可分为水冷和空气冷却两种。从实际应用的角度出发，目前应用最多的是空气内冷装置。图 2-6 所示为管泡内热交换器式空气内冷装置。在机头芯棒上安装一个圆筒形的热交换器，顶部开有进风口，模体下面装备风机进风口，圆筒热交换器下端有一环形空气出口，开动风机就可向膜管内供应循环空气，使热循环器冷却。热交换器的冷却介质通常为常温的或经过冷却后的冷却水，通过流经机头芯棒的导管把热气排出到外面。因为内部和外部的空气都要从机头进出，因此在机头设计时一定要保证进出通道畅通。这种内冷装置的不足之处是模内的大型圆筒形冷却机件，在开机时要把熔融状态下的膜管坯从圆筒周边拉到人字板和牵引辊比较困难。

(2) 定径装置 带内冷却的生产线需要定径装置来定外形。这种装置类似篮孔式结构，膜管直径的准确尺寸可以通过控制灵敏式接触扫描装置来获得，再通过调压阀开关确保内压稳定，并通过压缩空气的变化来快速改变膜管的直径。膜泡直径的定径框篮孔线控制系统如图 2-7 所示，利用定径控制系统，可把膜宽公差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 内。通过增加膜泡内压力或减少内部空气体积，控制膜泡直径的大小。没有内冷却系统的吹塑薄膜生产线也可以用定径装置来控制膜管的尺寸。

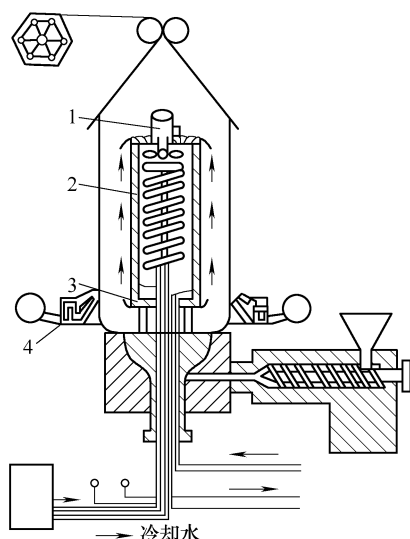


图 2-6 管泡内热交换器式空气内冷装置

1—电风扇轴 2—热交换器
3—内风环 4—外风环

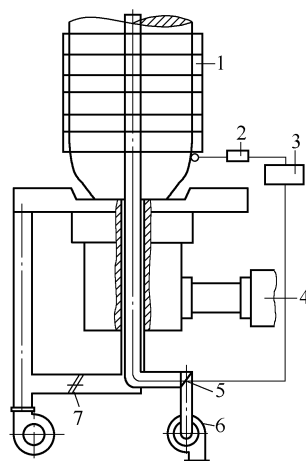


图 2-7 膜泡直径的定径框篮孔线控制系统

1—定径框 2—监控阀 3—调节器 4—挤出机
5—节流阀 6—真空式鼓风机 7—外空气调节阀

(3) 牵引装置 定型好的膜管，由一对安装在牵引架上的牵引辊以恒定的速率牵引，经固定在牵引架上的、牵引辊一旁的人字板展平，最后进入牵引辊辊隙被压紧，成为连续的双层薄膜被

送往卷取装置。牵引装置一般由牵引架、人字板、牵引装置的传动系统和一对牵引辊组成。

1) 人字板。人字板的作用是稳定膜管形状，使其在晃动的情况下逐渐将圆筒形的薄膜经过人字板的导向，通过牵引辊将薄膜压扁折叠成平面而进入牵引装置。人字板的结构型式较多，常用的有导辊式、抛光的硬木夹板式和抛光的不锈钢夹板式。

图 2-8 所示为导辊式人字板结构。它由两块板状结构组成，因呈人字形，俗称人字板。

导辊式人字板，由铜管或钢管辊组成，其薄膜的摩擦阻力小，散热快。但由于膜管内气体压力的作用，易使薄膜从导辊之间胀出，引起薄膜的皱折。此外其结构也比较复杂，制造成本较高。

硬木夹板式人字板散热效率差，表面粗糙度高，一般很少使用。为了降低薄膜表面粗糙度和提高冷却效果，大多数采用不锈钢夹板式。它不但散热条件好，还可通水冷却，使冷却效果更好。

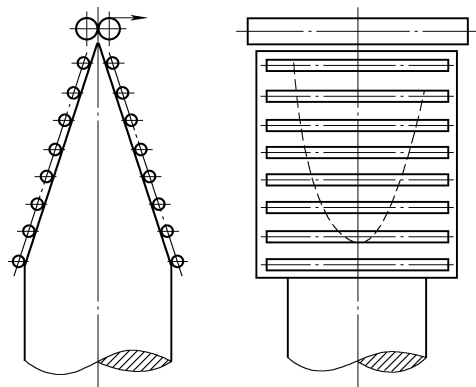


图 2-8 导辊式人字板结构

人字板在压平膜管的过程中，由于膜管同一圆周上的各点与其接触前后不一致，因而冷却也有前有后，这样就造成薄膜收缩快慢不一致，易形成皱纹波折。特别是用冷却效果好的水冷却方式，人字板和膜管不稳定而振动时，薄膜产生的皱纹波折就更严重。这时必须使膜管在进入人字板之前就已经得到充分的冷却，在形状基本稳定时再进入人字板冷却，薄膜就不会皱叠、波折了。

另外，薄膜在光滑的人字板上移动时，由于摩擦阻力作用会发生静电，加上膜管内压缩空气的作用，使薄膜紧紧地贴合在两块夹板上。当薄膜在牵引辊牵引时，薄膜受夹板表面摩擦阻力作用，贴合在夹板上的薄膜被牵引力拉长，这也是薄膜产生皱纹的重要原因。在薄膜被人字板从圆筒状压平成为两层贴合的平膜过程中，由于膜管上各点经过的距离不同，人字板的夹角通常设计为可调节式，用调节螺栓进行调节。夹角越大，膜管上各点通过的距离差值就越大，膜管表面与人字板之间产生的摩擦力大小差异也越大，在生产中产生皱纹的可能性也越大。如夹角太小，虽然膜管被压平时流滑顺畅不易起皱打折，但由于人字板的配置会过长，辅机的高度也要增加。通常，人字板夹角约为 $15^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。（平吹法人字板的夹角一般选为 30° ，上吹法和下吹法可取 $40^{\circ} \sim 50^{\circ}$ ）。人字板夹角、牵引辊长度及薄膜折径之间的关系见表 2-2。

表 2-2 人字板夹角、牵引辊长度及薄膜折径之间的关系

牵引辊长度/mm	400	800	1100	1700	2200
最大成膜折径/mm	300	700	1000	1500	2200
人字板长度/mm	500	1000	1500	1700	2200
计算膜管直径/mm	190	446	640	958	1280
人字板计算夹角/ $(^{\circ})$	18	25	25	30	35

如果人字板的夹角是用金属辊组成，那么辊筒内还可以通冷却水，进一步对薄膜进行加速冷却。当薄膜的幅宽大于 2m 时，可不用人字板结构，而直接用导向辊，把很多导向辊组合排成人字形结构，导向辊的直径一般设计为 $\phi 50\text{mm}$ 左右的不锈钢辊，或金属辊表面镀铬。

2) 牵引机构。牵引机构的功能是把已经通过人字板变成扁形的薄膜压紧拉过去,使薄膜被牵引并送向卷取装置。在牵引过程中,薄膜受到拉伸,应设定合适的拉伸比(即挤出物料的速率和牵引速率的比例),这样才能保证管泡的形状及尺寸稳定。薄膜经拉伸后纵向强度大幅提高。通过对牵引速率的调节还可控制薄膜的厚度,牵引速率快薄膜厚度减少,牵引速率慢薄膜厚度增加。

薄膜的牵引机构是由一对牵引辊组成。主动辊是不锈钢辊或普通钢辊表面镀硬铬,从动辊是橡胶辊或钢辊包橡胶辊。主动辊的驱动装置采用无级变速。为保障管泡不歪斜,运行平稳,必须在开机前调节机头口模、人字板中心、牵引辊的接触中心,使它们都在一条直线上。否则会造成膜管周围各点到牵引辊入口距离之差扩大,引起膜管皱折变形。两牵引辊间隙应适宜,以保证对薄膜产生足够的压力,能牵引和拉伸薄膜前进。两膜管在牵引辊压扁贴合后应无间隙,以防止膜管漏气,保证气压和尺寸稳定。压力还可通过螺栓调节,以适应厚薄不同的薄膜。两牵引辊间的压力应在保障牵引和拉伸过程中不漏气的情况下尽可能小,因牵引辊是由钢辊和橡胶辊组成,两辊的压力过大,会使橡胶辊两边和中间变形不一致,从而形成薄膜两边压力大变薄、中间压力小变厚的现象,并且薄膜边的折缝处还可能有裂口。

口模与牵引辊之间的距离,最小为膜管直径的3~5倍。如距离太短,膜泡周围的各点到牵引辊入口的距离差会使薄膜在压扁时产生折皱和变形,并且冷却不充分,膜管膨胀度不够,薄膜形状也很难稳定。

为了让薄膜更充分、更快、更好地冷却,在牵引辊内孔也可通入冷却水进行冷却。目前已有新颖的可逆式牵引装置和摆动式牵引装置在生产中应用。

3) 导向辊与展平辊。经人字板、牵引辊展平后,折叠了的薄膜在进入卷取装置前,需要完全冷却,达到形状基本稳定,才能避免在牵引压平中粘连。同时还要让薄膜离开牵引辊时得到松弛,防止后收缩。所以要在薄膜进入收卷前设置一定的距离,并在这段距离上设置若干导向辊。导向辊直径为50mm,起导向、展平、定型的作用。在卷取前必须展平,图2-9所示是几种展平辊结构,它们利用了与薄膜接触时对薄膜表面横向分力的作用,使薄膜展平。鼓形辊和螺纹辊在一定的拉紧力和摩擦因素下是固定的,而弯曲辊的弯曲变形量是可调的,根据需要在操作中可进行调节。导向辊的安装应保持相互平行,否则薄膜会左右移动不稳定,卷取的薄膜也不平整。

(4) 卷取装置 薄膜从牵引辊出来后,经过导向辊展平后进入卷取装置,如图2-10、图2-11所示。

薄膜卷取质量好坏对以后的裁切、印刷等影响非常大。卷取时,薄膜应平整无皱纹,卷边应在一条直线上,薄膜在卷取轴辊上的松紧度也应该一致。因此,卷取装置应能提供可无级调速的卷取松紧度适度的张力。卷取装置从原理上分为表面卷取、中心卷取及接触式/中心式卷取三种结构型式。

1) 中心卷取装置。中心卷取装置又称主动卷取装置,如图2-10a所示,驱动装置直接驱动卷绕辊。这种装置可用于多种厚度的薄膜的卷取,薄膜厚度的变化对卷取影响不大。薄膜在

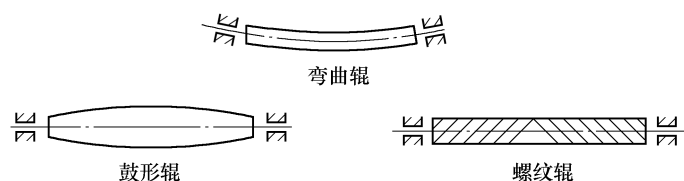


图2-9 展平辊结构

收卷过程中,由于卷绕直径不断变化,为了保持恒定的收卷线速度和张力,卷取轴的转速应随着膜卷直径的增加而相对变小,采用力矩电动机作为收卷轴的动力即可满足这种需求。

最简单的办法是利用离合器调节卷取辊的转速,使其随膜卷直径的增大而减少。

2) 表面卷取装置 表面卷取装置如图 2-10b 所示。电动机由传动带把运动和速率传到表面驱动辊,卷取辊与驱动辊相接触,靠两者中间的摩擦力带动卷取辊将薄膜卷在卷取辊上。卷绕速率由表面驱动辊的圆周速率决定,不受卷绕辊直径变化的影响,因而能与牵引速率保持同步。图 2-11 所示为表面摩擦卷取工作原理示意图。

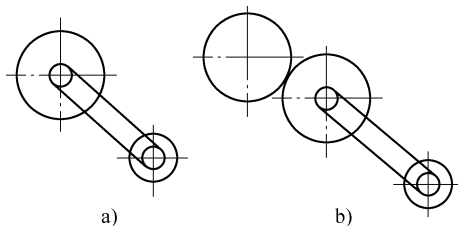


图 2-10 卷取装置

a) 中心卷取 b) 表面卷取

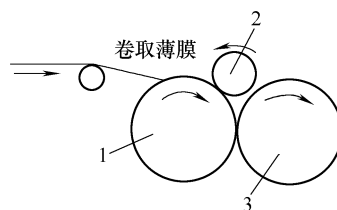


图 2-11 表面摩擦卷取工作原理示意图

1—卷取主动摩擦辊 2—制品卷取辊

3—卷取被动托辊

这种卷取装置结构简单可靠,维修方便,卷取轴不易弯曲,但易损伤薄膜。它适合卷取厚膜,但不适合中心卷取的宽幅薄膜。

3) 接触式/中心式卷取装置。当生产滑爽性薄膜(如 EVA)时,可采用接触式/中心式卷取装置,其结构如图 2-12 所示。

4) 薄膜卷取装置的功能。

① 检测、控制薄膜张力。

② 展平薄膜。

③ 自动调节收卷压力。

④ 双工位收卷功能,达到设定长度后,自动切断,自动换工位卷到新的卷芯上。

⑤ 收卷轴横向摆动功能,自动一层层排线卷取。

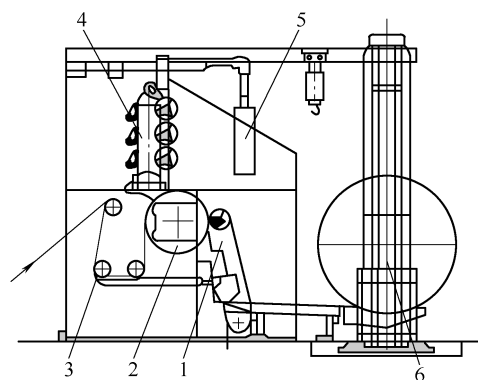


图 2-12 接触式/中心式卷取装置的结构

1—传递卷轴 2—接触辊 3—基料张力测量辊

4—卷轴盒 5—控制面板 6—收卷轴抽出装置

(5) 辅助装置

1) 横向切割装置。横向切割装置用于切割上一料卷和下一料卷中间的薄膜。切割方式有两种:

① 飞刀式切割。

② 裁割刀式切割。

在设备简陋的情况下,也可手工用剪刀切割。

2) 纵向切割装置。

纵向切割装置可切割进入收卷机的两个卷的双层薄膜。如果需要,可将每个膜卷分成若干个小膜卷。现在使用的纵向切割装置主要有两种:

① 刮板式切割机。

② 旋转式切割机。

3) 电晕放电处理装置。经过电晕放电处理过的薄膜可以给印刷或粘合提供方便。

4) 边料处理装置。通过吹风机把边料从卷取机中清除出来,或是直接回到挤出机中进行再生产利用。

(6) 辅机设备(上吹式)完好要求

1) 机架应稳固,地脚及连接部分无松动。

2) 人字板应保持清洁无异物,调整灵活。

3) 牵引辊无严重划痕,转动灵活,并能达到说明书标定的转速和转矩,牵引辊两端气缸或弹簧推力均衡。

4) 各导辊无严重划痕,转动灵活,各辊轴线与牵引辊轴线保持平行。

5) 展平辊调整灵活。

6) 摩擦辊上无严重划痕和异物,转动灵活,并能达到说明书标定的转速和转矩,卷取轴与摩擦辊保持平行。

7) 各减速箱、变速箱运转平稳,无异常声响和振动。

8) 各传动链、带松紧度适度,传动平稳。

9) 气动系统无泄漏、无堵塞,气动元件动作灵敏可靠。

10) 水冷系统无泄漏、无堵塞,转动部位旋转接头转动灵活。

11) 润滑系统管路畅通,无泄漏。油质合格,油量适中,油标醒目。

12) 安全防护装置齐全、完好。

13) 电器元件齐全完好,仪表指示准确。

14) 测速元件安装正确,测量准确。

15) 各电动机温升不超过电动机铭牌规定。

16) 设备外观整洁,无黄袍,铭牌齐全、清楚。

17) 随机附件齐全,保管妥善。

2.2 吹塑薄膜机头设计

2.2.1 吹塑薄膜机头设计参数和要求

吹塑薄膜机头是保证薄膜厚度均匀的关键设备。其作用一是将熔融塑料通过机头型腔口模成型为均匀密实的、厚薄一致的膜管,并能在一定的压缩空气下吹胀成薄膜型坯;二是使机头型腔产生一定的压力,确保熔融塑料连续不断且均匀密实地从口模挤出。吹塑薄膜机头由口模、芯棒、连接体、调节螺栓等组成。

(1) 多孔板(过滤板) 在挤出机机筒与薄膜机头连接处,也就是螺杆出口端设有多孔板和过滤网。其作用是阻止混杂在塑胶原料中的杂质和在机筒中还未完全熔化的塑料粒子进入型腔流道,堵塞口模;同时,使机筒内被螺旋挤出带螺旋运动的料流变为直线运动的料流进入机头型腔。由于多孔板和过滤网的阻压力,使背压加大,型坯更加密实,形体更加稳定。

多孔板又叫分流板,安装在机筒的前端,其结构如图 2-13 所示。多孔板装入机筒端的外圆应倒圆角,以便于装配。进料边小孔都倒锥角,以消除进料口死角。小孔和小孔锥角要尽量

光滑, 保证料流顺畅没有阻力。多孔板靠外面一侧在周边钻有螺纹孔, 便于取出拆卸清洗残渣。孔眼通常以中间疏、边缘密的方式分布, 孔径为 2~5mm, 孔眼面积为平板总面积的 50%~70%。过滤网采用 1~5 层、60~120 目的不锈钢丝或铜丝网。当选用不同目数的网组合使用时, 目数大的网放在中间, 目数小的网放在靠多孔板平面这一侧, 用来保持强度。多孔板的厚度为机筒内径的 1/3~1/5。多孔板的材料多用不锈钢。常用吹塑薄膜的过滤网目数组合形式有: PE 60/80/100, PVC 60/80, PP 80/100/120。通过改变滤网的层数和(或)目数, 可适当调节机头的挤出压力。

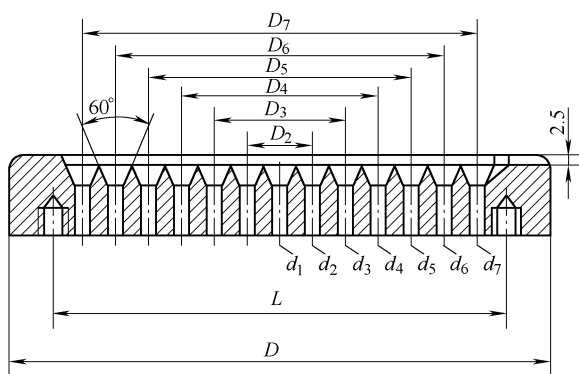


图 2-13 多孔板结构

(2) 吹塑薄膜机头设计参数 芯棒式机头如图 2-14 所示, 主要用于吹塑薄膜加工。熔融塑料从机筒经多孔板压缩后流至芯棒分成两股料流, 沿芯棒尖的斜刀口流向对面 A 处, 又汇合再沿环形缝隙挤成管坯。在芯棒中心可通入压缩空气, 使管坯吹胀成膜管。在机头设计中要注意的事项如下:

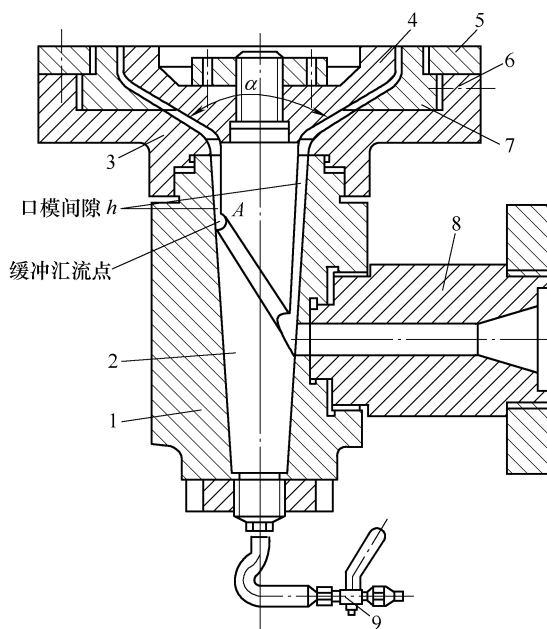


图 2-14 芯棒式机头

1—模具体 2—芯棒 3—口模座 4—芯模 5—压环
6—调节螺钉 7—口模 8—连接颈 9—进气阀

1) 口模间隙。口模间隙是指口模与芯棒装配后, 口模内径与芯棒外径之间的距离 h , 它是薄膜制品厚度、吹胀比和牵引比值三者的乘积: $h = abs$ 。式中 a 是吹胀比; b 是牵引比; s 是薄膜厚度 (mm)。为使间隙均匀一致, 应设置不少于 4 个调节螺栓, 以便随时调节。挤出吹塑薄膜不同原料时的口模间隙见表 2-3。口模间隙过小会使料流阻力过大, 造成产量低。口模间隙过大, 就必须加大吹胀比和牵引比, 才能保证薄膜厚度值。过大的牵引比和吹胀比在生产中会使泡管不稳定, 容易起皱和折断, 使厚度控制非常困难

表 2-3 挤出吹塑薄膜不同原料时的口模间隙

原料名称	PVC	LDPE	HDPE	PP	PA
口模间隙/mm	0.8~1.20	0.5~1.00	1.20~1.50	0.7~1.00	0.50~0.75

2) 吹胀比。吹胀比是指膜坯经吹胀后泡管直径与成型模具的出料口模直径之比。

吹胀比应根据原料来决定。PVC 和 LDPE 的吹胀比取 1.5~3, HDPE 的吹胀比取 3~5, PP 和 PA 的吹胀比取 0.9~1.5。吹胀比值越大, 挤出吹塑薄膜的强度越好。在吹塑过程中, 压缩空气

要保持稳定,才能保持恒定的吹胀比。吹胀比过大,泡管不稳定,薄膜容易出现折皱现象。

3) 牵引比。牵引比是指薄膜泡管被牵引的速度与熔融态膜坯从口模被挤出速度之比。牵引比大,成品膜的纵向拉伸强度好。正常吹塑薄膜成型时,一般取牵引比在4~6。如果吹塑薄膜成型用高密度聚乙烯原料时,这个比值还可大些。增大拉伸比(牵引比)薄膜的纵向强度会随之提高,但不能过高,否则难以控制薄膜的厚薄均匀度,甚至会把薄膜拉断。一般牵引速度就是牵引辊的表面线速度,而挤出速度就是熔体离开口模的线速度。

4) 定型段长度。定型段的长度是指缓冲槽部位至口模出料口的距离。这个值的大小对制品薄膜厚度的均匀性有影响。一般取定型段长度 $L = (12 \sim 20)S$ 。式中 S 是口模与芯棒的间隙(mm)。在定型区长度范围内可开设一个缓冲槽,也可设阻流凸台肩,它们都设定在定型区的入口处,目的是消除或减少薄膜的熔接纹和熔流痕迹,改善膜坯流动的均匀性,提高薄膜的力学强度。

5) 分流线。分流线是物料进入机头芯棒后至芯棒尖合流处(A点,见图2-14)的这段流动轨迹,原则上应使物料到达机头出口部分各点的流动距离相等,料流压力速度平稳。

6) 压缩比。压缩比是指机头进口部分的横截面积与机头出口部分的横截面积之比。一般取3~5为宜,压缩比过大增加阻力,压缩比过小制品不密实,若是十字机头还会产生熔合线。

7) 成型模具熔料入口。入料口直径就是熔料从机筒多孔板通过后进入成型模具口处的直径。入料口直径过大时,熔料在模具内停顿时间过长,料易分解;入料口直径过小,模具出料容易波动,造成质量不稳定。通过入料口进入芯棒时,熔料分成两股沿斜线流动,斜线可设计成凹圆形缓冲槽,如图2-14所示。熔料在A处汇合,这个斜凹槽起缓冲压力的作用。经缓冲后的料流把芯棒包住,流经间隙 h (h 的间隙要适中),并顺机头环形流道流到口模呈薄管坯状被挤出口模。

8) 机头内腔流道应呈流线型,不允许在机头内腔出现急剧性缩小,更不能有死角和台肩的停滞点、区,同时内腔要求光滑,表面粗糙度 Ra 值应在0.4以下。这样料流才能顺畅,出口压力、流量、流速也才能均匀平稳。

9) 在满足力学条件下,机头的设计应做到结构紧凑、连接严密、不易漏胶、拆装方便、易于清洗和更换零件、传热均匀、出料平稳。

10) 选材合理,机头要选用耐磨损、抗腐蚀、抗拉强度好、硬度较高的钢材制作,口模、芯棒应选用加硬调质不锈钢制作。

11) 膜泡冷却降温的方式。一般吹塑膜冷却多采用风冷;对透明度要求高的聚丙烯吹膜应采用水冷却;对较大直径膜泡为加快冷却速度,应采用膜泡管内外同时用风冷却。

12) 调节螺钉。为了消除口模与芯棒的偏中现象,需设计4~8个调节螺钉。小机头可设计4个,较大的机头可设计6~8个。

13) 成型模具口模直径的确定。模具口模直径与不同塑料吹膜折径的尺寸关系见表2-4。

表2-4 模具口模直径与不同塑料吹膜折径的尺寸关系 (单位: mm)

高压聚乙烯		线型聚乙烯		低压聚乙烯		聚丙烯	
口模直径	吹膜折径	口模直径	吹膜折径	口模直径	吹膜折径	口模直径	吹膜折径
30	70~140	30	65~100	30	140~240	30	50~110
50	110~230	50	100~170	50	235~395	50	70~170
80	170~350	80	160~260	80	350~590	80	110~250
100	230~470	100	220~345	100	475~485	100	160~340
150	350~700	150	330~520	150	770~1 180	150	235~510

(续)

高压聚乙烯		线型聚乙烯		低压聚乙烯		聚丙烯	
口模直径	吹膜折径	口模直径	吹膜折径	口模直径	吹膜折径	口模直径	吹膜折径
200	470 ~ 940	200	430 ~ 700	200	945 ~ 1570	200	314 ~ 690
250	580 ~ 1170	250	550 ~ 980	250	1180 ~ 1970	250	392 ~ 863
300	700 ~ 1400	300	660 ~ 1040	300	1420 ~ 2340	300	471 ~ 1036
400	1180 ~ 2360	400	1100 ~ 1730	400	2356 ~ 3925	400	785 ~ 1727

14) 模具结构的选定。聚乙烯与聚丙烯吹塑薄膜由于性能稳定, 熔料的流动性能好, 可用任何吹塑膜机头, 而聚氯乙烯、聚苯乙烯、聚酰胺和聚碳酸酯应优先选用芯棒式模具。

芯棒式机头存料少, 不易过热分解, 特别适合 PVC 料, 另外结构简单, 加工制造容易, 接缝线少。但也存在不足之处, 流道中经直角转弯, 会造成各处流速不同, 导致薄膜厚度不均。一般应在芯棒上设计芯棒尖和分流线, 使物料各点流动距离保持一致。为防止芯棒汇合处产生接缝问题, 可在直流段部分设计缓冲槽或阻流台肩, 使熔融料流压力、速度更加平稳。

(3) 吹塑薄膜机头的设计要求

1) 薄膜机头的口模间隙 h , 一般为 $0.5 \sim 1.5\text{mm}$ 。此值既不能太大, 也不能太小。太小会造成机头压力增大, 影响吹塑薄膜制品产量; 太大会影响吹塑薄膜厚度的均匀性。

2) 芯棒上的定型区, 也就是直线段的长度应比环形缝隙尺寸值大 15 倍以上, 才能保障出料的稳定性。

3) 为保证熔融物料均匀挤出口模, 除要求口模环形缝隙尺寸均匀一致外, 还可以在出口定型直线段设置 1~2 个缓冲槽, 使流道压力更加平稳。

4) 要尽量减少分料斜面上的料流差距, 确保料流在模具型腔中畅通无阻, 整个型腔流道内无死角和滞流区, 防止造成料流受阻而发生料流分解现象。为了让从斜面进入的熔融胶料压力更加平稳, 可在斜面上设置斜面缓冲槽, 缓冲后的料流将更加平稳。

5) 机径流道的断面积应比口模的环状缝隙截面积大 3 倍以上, 以确保机头型腔对口模形成一定的挤出压力, 同时还应设计足够的压缩比, 一般压缩比控制在 3~5 为宜。

6) 小型机头的口模调节螺栓设计 4 个, 较大机头的调节螺栓一般设计 6~8 个, 其螺栓直径也应较大, 以确保螺栓的强度和刚度。

7) 螺旋芯棒的沟槽应沿挤出方向, 且由深逐渐变浅直到消失。

8) 芯棒的尖处, 应设计合理, 防止在此处积胶造成胶料分解碳化。

9) 芯棒、口模材料应具有足够的刚度和强度, 防止模具在高温高压下变形, 引起口模间隙变化和芯棒偏离。芯棒、口模最好用预硬调质钢制造, 防止变形。

10) 机头型腔流道要求加工光滑。如果镀硬铬, 镀层厚度为 $0.02 \sim 0.03\text{mm}$ 。

11) 机头结构设计要紧凑、结实、牢固, 防止拆卸、装配、搬运过程中碰伤损坏。

12) 零件结合面应平整光滑, 接触良好密实, 防止漏胶。

13) 为了稳定地挤出制品, 排除因熔体压力、电压、温度等原因引起的挤出波动, (这种挤出波动能引起制品的几何尺寸发生变化), 可在机头主流道接口处安装熔体泵, 用于平衡稳定补偿变化造成的影响。

2.2.2 吹塑薄膜机头结构设计

(1) 芯棒式机头 (侧进料) 芯棒式吹塑薄膜机头 (侧进料) 结构如图 2-15 所示。塑

料熔体经机颈压缩后, 流到芯棒处分成两股料流, 沿芯棒向两侧各自向前流动 180° 后, 在 A 处重新汇合。汇合后的料流把芯棒包住, 流经间隙 h (h 的间隙要适中), 并顺机头环形流道流到口模。在口模定型 (平直) 段设计了一个缓冲槽, 经压力缓冲后再经过一段平直定型段, 料流平稳地呈薄管坯状被挤出成膜坯, 经压缩空气吹胀成膜。芯棒式机头的优点是机头内存料少, 只有一条料流拼合线, 不会造成塑料过热分解, 并且结构简单, 易拆装, 比较适合吹塑 PVC 薄膜。其缺点如下:

1) 料流在机头内流速不等, 易使薄膜出现厚薄不均匀的现象。

2) 在料流拼合处容易产生薄膜厚薄不均匀。

3) 芯棒容易产生偏中现象 (芯棒与口模不同心)。

4) 机头芯棒与口模间隙不易控制。若口模间隙过大, 必须要加大牵引比和吹胀比, 这样操作比较困难。若间隙太小, 又会造成机头反压力大, 影响生产效率, 达不到产能要求。一般口模间隙取 $0.1 \sim 1.2\text{mm}$ 。

针对上述不足, 芯棒设计时采取在进胶位置设缓冲斜槽, 使两股料流在 A 处汇流, 并严格控制间隙 h 。大小适宜的间隙, 加上入口斜槽的缓冲作用, 可确保熔料周边流速与压力平稳。在芯棒设计方面, 可以采用图 2-16 中的三种设计方式, 达到熔胶流速和压力均匀平稳。

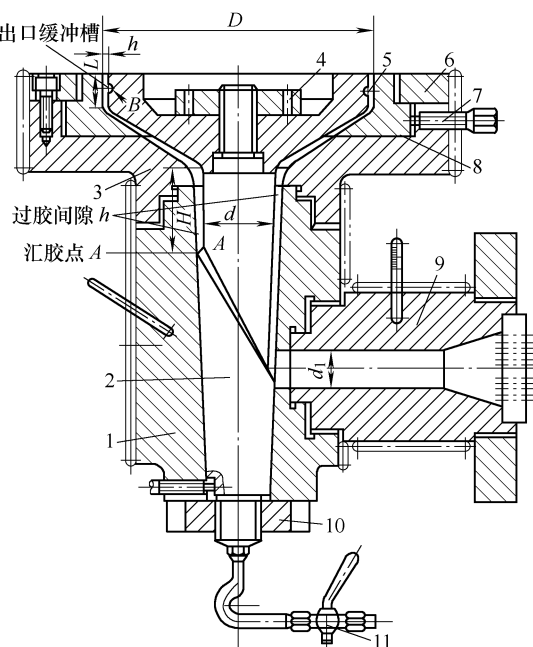


图 2-15 芯棒式机头 (侧进料) 结构

1—模具体 2—芯棒 3—口模座 4—螺母 5—芯模
6—压板环 7—调节螺钉 8—口模 9—连接颈
10—螺母 11—进气管

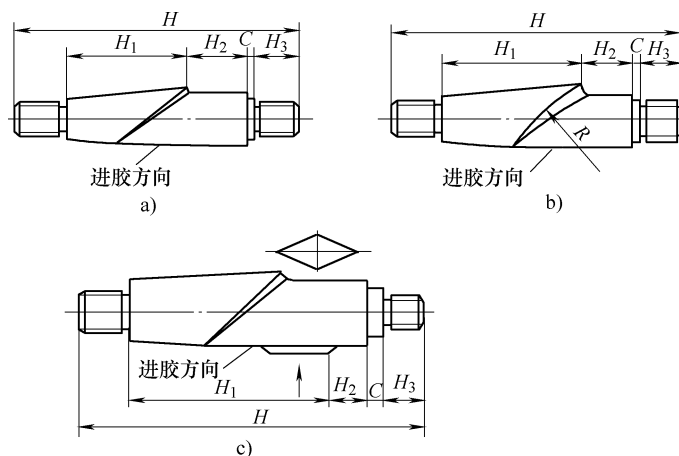


图 2-16 芯棒的三种形式

a) 偏心芯棒 b) 曲线芯棒 c) 带阻流装置芯棒

H_1 —配合段 H_2 —压缩段 H_3 —连接段 H —全长 C —定位段 R —曲线半径

(2) 十字架式吹塑薄膜机头 (中心进料式) 十字架式机头结构有水平式和直角式两种, 如图 2-17 所示。两种机头的基本结构相似, 只是进料方向不同, 用途也不相同。如水

平式机头用在平挤出平吹法上，直角式机头常用在上吹法和下吹法上。

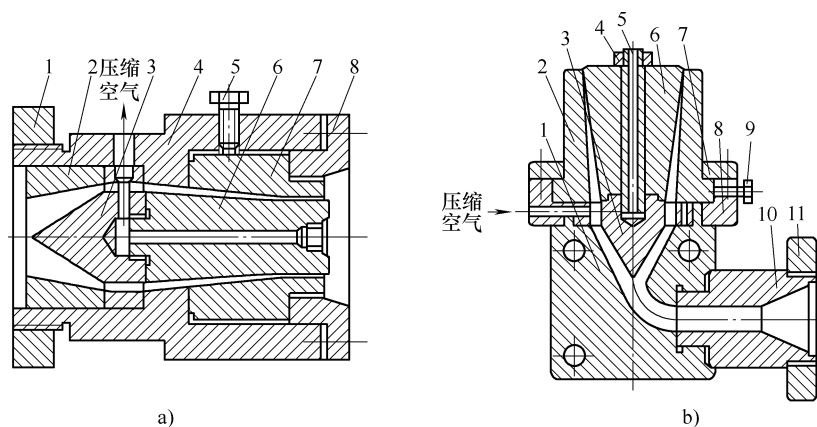


图 2-17 十字架式机头

a) 水平十字架式机头

1—法兰 2—机颈 3—分流器 4—机头体 5—调节螺钉 6—芯模 7—口模 8—口模压板

b) 直角十字架式机头

1—机头体 2—口模 3—分流器 4—螺母 5—连接杆 6—芯模 7—口模压板
8—口模套 9—调节螺钉 10—机头连接器 11—法兰

十字架式机头结构与普通管类机头相似。熔料通过分流器支架后，形成多条熔料接线，对薄膜质量有一定的影响。为了克服这一缺点，一般在芯棒的流道上开设一个或多个小半圆形缓冲槽或凸肩，使料流量、压力进一步平稳，提高汇合料的熔接牢度。这种机头的优点是料流均匀，薄膜厚度比较好控制；芯棒无侧向压力，不会偏中心。缺点是流道空间大，存料多，不适合热敏性 PVC 塑料生产薄膜。

(3) 螺旋式吹塑薄膜机头 螺旋式吹塑薄膜机头结构如图 2-18 所示。熔融塑料在挤出的作用下，从机头底部中心进入，然后经径向分流孔将熔融料分成 3~8 股流向各个螺旋槽，使料流改变了一次流动方向。料流进入螺旋槽后继续向前流动，此时料流呈现两个方向的流动。其中一部分料流通过螺纹顶部与模腔之间的间隙作轴向漏流，另一部分则在螺旋槽内继续向前作旋转流动，直到螺旋槽终端，旋转流动的料流趋于零。这样，在芯轴螺旋段料流的运动实际为两个方向，并且各槽的轴向流动料流会产生层流叠加，从而再次使料流方向发生了改变，使熔料在机头内进行了一次混合。然后料流又汇集起来进行压缩并进入定型区缓冲槽，最后流出机头成为管膜坯，在压缩空气的作用下进行吹胀成膜。

技术参数的确定。

1) 机头出口处的环形间隙 h 。机头出口处圆周各点间隙尺寸应均匀一致，且大小应与所生产的薄膜厚度相符，并应与压缩比同时考虑，一般取 0.8~1.5 为宜。间隙圆的直径与所要求的吹胀比和膜的幅宽有关，在设计时可按膜幅宽分档确定。为使口模间隙均匀一致，还须设置不少于 4 个的调节螺栓。一般 1000mm 折径的农用薄膜需 6 个调节螺栓，更大规格的薄膜所需调节螺栓数量也相应增加。

2) 吹胀比。一般应控制在 1.5~3.0。吹胀比大，薄膜横向强度高，但会引起蛇形摆动，造成薄膜厚薄不均，产生褶皱。对超薄薄膜，最大可达 5~6。不过在生产过程中，必须使压缩空气稳定，以确保吹胀比恒定。

3) 牵引比。一般应控制在 4~6。牵引比又叫拉伸比，它是薄膜牵引速度与管坯挤出速

度的比值。拉伸比大则纵向强度高,但也不能过大,大的拉伸比难以控制薄膜的厚薄均匀,有时还可能把薄膜拉断。

4) 定型区长度。如图2-18所示,定型区长度 I_3 应比环形间隙 h 大15倍以上,以保证薄膜有稳定的厚度。在定型区域还可根据需要开设1~2个缓冲槽,以消除薄膜的熔流痕。

5) 压缩比。一般机头压缩比控制在3~4为宜。

6) 径向分流孔及其孔径。径向分流孔的设置,从数量上讲,应根据芯轴的大小凭经验分档次而定,一般情况下以4~6孔为宜。芯轴小取小档,芯轴大取大档。孔径的大小则要根据进料孔径来决定,一般都是凭经验,确定原则是径向分流孔截面积总和略大于进料孔截面积。

7) 螺槽消退角 ψ 和螺旋槽升角 β 。如图2-18所示,经验数据是 $\psi = 3^\circ 30'$, $\beta = 1^\circ 45'$ 。

8) 流道扩张角。塑料熔体由流道向成型段过渡,在芯模上形成的倒锥角称为流道扩张角,常取 $80^\circ \sim 100^\circ$,最大不超过 120° 。机颈的流道截面积应比机头出口的圆截面积大2~3倍,以确保机头流道内具有一定的挤出压力。

9) 缓冲槽尺寸。缓冲槽又称贮料槽,通常开在芯模定型段。

螺旋式吹膜机头的优点是槽的入口处可缓冲料流压力,使出口处料流均匀平稳,能提高薄膜的力学性能,消除多股熔料汇合时产生的熔接痕迹。

螺旋式吹塑薄膜机头另一种结构如图2-19所示,其特点是在芯棒中开设3~8条螺旋形流道。熔料从底部中心进入,分两股流向边缘。这两股料流分别注入螺纹的槽中,并沿螺旋槽旋转上升,在出口定型段的前面料流汇合,并在定型段形成膜。这种机头的优点如下:

- ① 在机头内没有料流拼合线。
- ② 机头压力大,薄膜的力学性能好,强度高,透明度好。
- ③ 薄膜厚度的均匀性好控制。

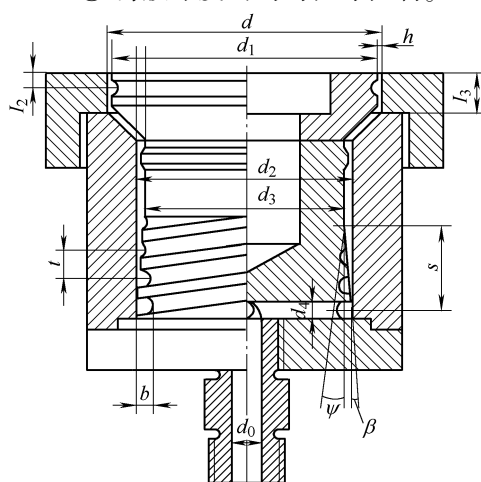


图2-18 螺旋式吹塑薄膜机头 (一)

d_0 —进料口直径 d —口模内直径
 d_1 —芯模直径 d_2 —模体内径
 d_3 —芯轴直径 d_4 —径向分流孔直径
 I_2 —缓冲槽设置高度 I_3 —定型区长度
 h —出口口环形间隙 b —螺旋槽起始深度
 t —槽间中心距离 s —导程
 ψ —螺槽消退角 β —螺旋槽升角

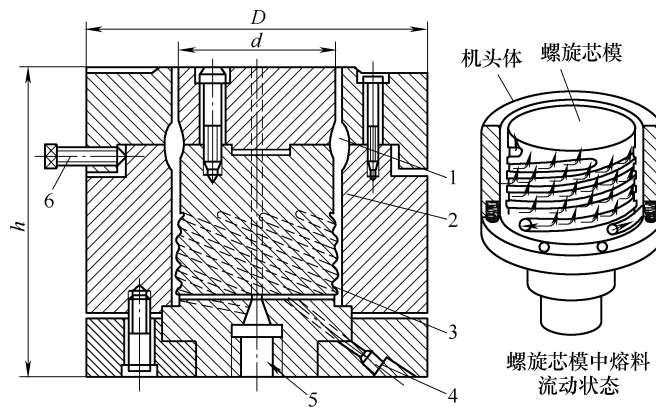


图2-19 螺旋式吹塑薄膜机头 (二)

1—缓冲槽 2—流道 3—芯棒 4—进气孔
 5—熔料入口 6—调节螺钉

- ④ 机头的安装操作方便。
- ⑤ 机头坚固耐用，使用寿命长。
- ⑥ 能生产超薄薄膜。
- ⑦ 芯模受力均衡，不会产生偏中现象

缺点是料流在螺旋槽中流动时间长，不适合热敏性材料生产薄膜。

(4) 旋转式吹塑薄膜机头 旋转式吹塑薄膜机头是为了提高吹塑薄膜产品的质量而设计的新型机头。它利用口模或芯棒的转动，使口模缝隙中的熔料层压力和流速不等的状况产生一个机械抹平的作用，使薄膜的偏厚部分均匀抹平在口模型腔内，使出口模的管坯厚度一致。同时还可以改善薄膜厚度的均匀性和消除接合线，对宽幅薄膜的生产有好处。目前常用的旋转方式机头有口模旋转芯棒不转的，芯棒转动口模不转的，口模和芯棒一起同向或逆向旋转的。图 2-20 所示的就是内外同时旋转的吹塑薄膜机头。为了生产厚薄更加均匀的薄膜，通常都采用旋转式机头。当然旋转机头结构复杂，造价较高，并且容易出现漏料，所以在设计时要有可靠的防漏措施。

(5) 共挤出吹塑薄膜机头

1) 2~3 层共挤出机头。共挤出复合吹塑薄膜机头是将不同种类或不同颜色的树脂分别加入不同的挤出机，通过同一个机头同时挤出多层多色的薄膜。复合薄膜可以弥补单层薄膜的缺陷，发挥每层膜的长处，达到取长补短的目的，可得到性能优越的复合薄膜制品。

复合机头有模内模外复合两种，图 2-21 为模外共挤复合机头，熔料在各个完全独立的流道中流至口模，且在离开口模后才汇合在一起。为增加两层的附合力，可在离开口模后的两膜坯之间设置真空（微量）。这种共挤结构外层便于调整。图 2-22 所示为模内双层共挤复合机头，两种塑料熔体分别从中心 A 与侧面 B 处同时进料，经机头内各自的环形流道在口模定型段汇合后挤出。图 2-23 所示是模内两种塑料分为外、中、内三个层面共挤复合机头，从中心进入的第一种塑料通过分流支架 10，分成内、外层两股熔体，再与侧面进入的第二种塑料在口模定型段汇合，并一起被挤出模外。吹塑多层薄膜的关键在机头，其设计的关键是要控制机头中流动阻力的比例，一般要求达到各层薄膜的线速度相等。另一个关键是各层间的粘合度，重点是要控制好温度。

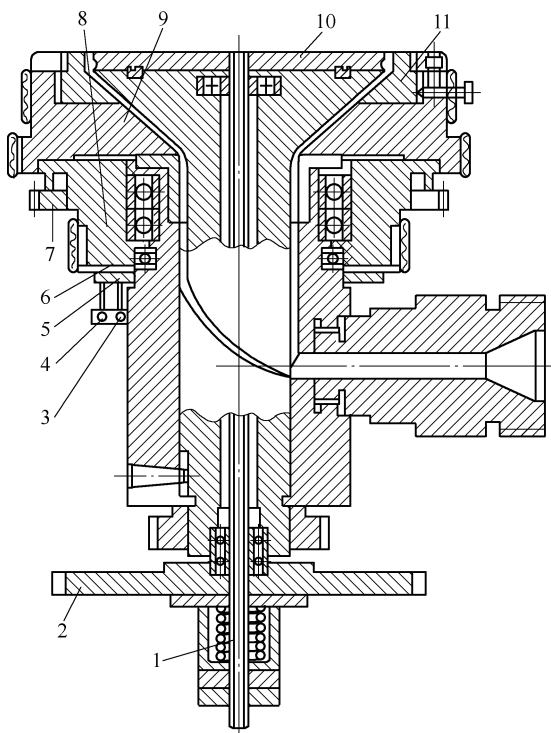


图 2-20 内外旋转的旋转吹塑薄膜机头

1—空心轴 2、7—齿轮 3、5—铜环 4—炭刷 6—绝缘环
8—口模支撑体 9—机头旋转体 10—芯模 11—口模

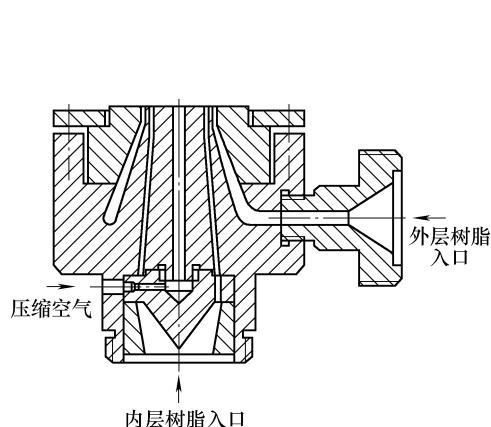


图 2-21 模外共挤复合机头

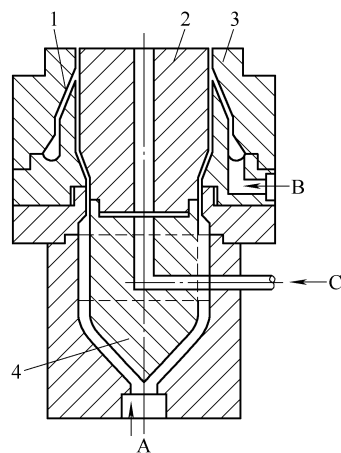


图 2-22 模内双层共挤复合机头

1—分流导套 2—芯模 3—口模 4—分流器

A—内层塑料入口 B—外层塑料入口

C—压缩空气入口

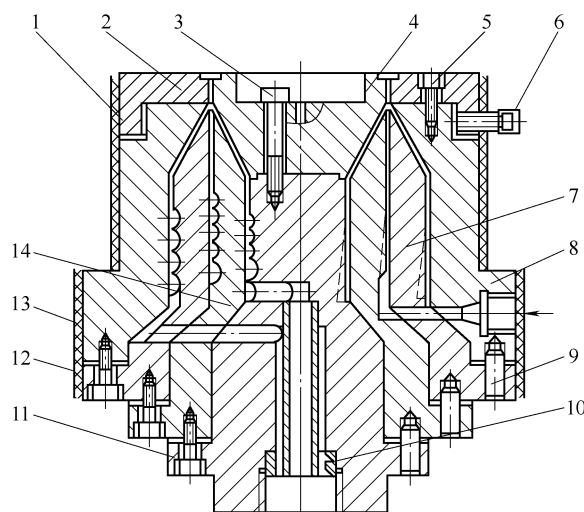


图 2-23 模内三层共挤复合机头

1、13—加热圈 2—口模 3、5、12—联接螺钉 4—芯模 6—调节螺钉 7—外芯模

8—机头体 9—定位销 10—分流支架 11—内芯模 14—中层芯模

2) 多层共挤出机头。用多台挤出机，将不同的塑料通过一个共挤出螺旋式机头吹塑成型多层薄膜。多层膜目前由3~5层已发展到7~9层甚至11层，这样的挤出机头要采用叠加式机头，如图2-24所示。

3层复合膜结构有两种：① PA/粘合层/PE。② EVOH/粘合层/PE。

5层复合膜结构有三种。① LDPE/粘合层/EVOH/粘合层/LDPE。② PP/粘合层/PVDC/粘合层/PP。③ LDPE/粘合层/PA/粘合层/LDPE。

7层复合膜结构有两种。① PE/粘合层/PA/EVOH/PA/粘合层/PE。② PP/粘合层/PA/EVOH/PA/粘合层/PE。

还可以把叠加式机头叠加成锥面，即锥形叠加式机头。锥形叠加面比平面叠加面密封性好，强度更高，能承受较大的挤出压力，径向尺寸也小。叠加式机头又分上斜式、下斜式叠加机头。图 2-25a 所示为上斜式叠加机头，图 2-25b 所示为下斜式叠加机头。

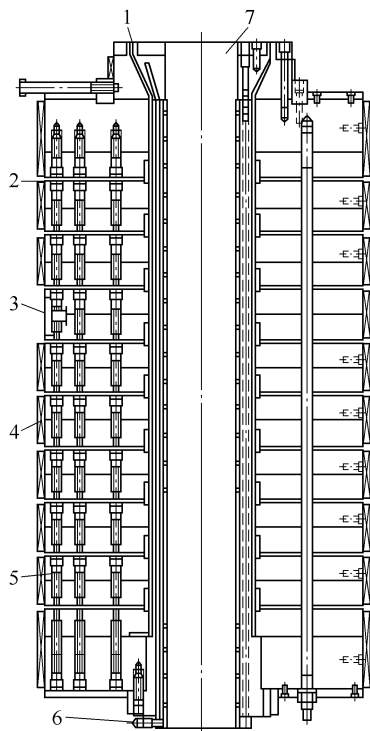


图 2-24 平面叠加式机头

- 1—模口间隙 2—绝热气隙 3—挤出机进料口
4—独立控制温度的模层组件（10 件） 5—层组件联接螺栓
6—膜芯加热器 7—膜泡内冷却用大中心孔

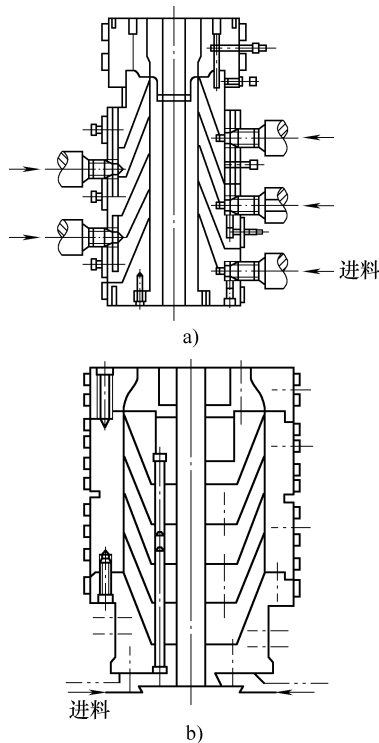


图 2-25 锥形叠加式机头

- a) 上斜式叠加机头 b) 下斜式叠加机头

上斜式叠加机头是分层进料，一次分流，适合较小直径机头（ $\phi 500\text{mm}$ 的机头），用在大直径机头上会使熔融料的流动路程过长，引起物料压力损失和分解。下斜式叠加是从机头底部同一平面分别进料，流到相应的层面再进行分流，因此流道最短，并且每层流道螺旋线数量可较多，从而得到均匀的厚度。下斜式叠加机头可实现 PVDC 或者 PA 的包覆技术。由于 PVDC 的强腐蚀性，因此在进机头前需要用 EVA 包裹。包裹以后的 PVDC 可以减少其他层塑料高温影响，延长连续生产的时间。PA 的包裹主要是为了解决机头难以清理的难题。包裹技术需要增加一台挤出 EVA 的挤出机。这一技术首先在多层流延膜生产中得到应用。

3) 共挤出复合膜的优点。

- ① 生产流程短、能耗少、成本低。
- ② 能充分发挥各种塑料的固有特性，使其在复合塑料中起到应有的作用。
- ③ 将硬质材料和软质材料复合，集强度与弹性于一体，构成特殊材料。
- ④ 将多孔材料与密实材料复合在一起，使材料性能更加特殊。
- ⑤ 可构成品种多、花样新、性能优的各种材料，以适应特殊要求。
- ⑥ 共挤出薄膜在包装行业优势更明显。

- ⑦ 共挤出复合法生产环境卫生好, 无三废产生, 无残留溶剂, 卫生可靠。
- 4) 共挤出复合薄膜的缺点。
 - ① 共挤薄膜设备比单一薄膜成型设备造价高很多。
 - ② 边角料回收困难。
 - ③ 机头及辅机装置的结构和成型工艺都很复杂。
 - ④ 共挤出复合只适合热敏性塑料以及塑料之间复合, 不能与其他材料复合。
 - ⑤ 共挤薄膜不能在层间印刷。
- 5) 共挤复合成型注意事项。
 - ① 两种或者两种以上树脂之间要有一定的相容性。
 - ② 几种树脂的热稳定性要满足要求, 不能有一种树脂发生降解现象。
 - ③ 几种树脂的熔体黏度要接近, 相差不能太多。
 - ④ 几种树脂的熔体弹性模量要接近。

生产共挤复合薄膜的设备与生产单层塑料薄膜的设备基本相同, 冷却、牵引、卷取以及拉伸装置均可采用生产单层塑料薄膜的设备。只是需要多台挤出机, 规格比单挤出机小, 模具很复杂, 操作工艺难度大。

2.3 吹塑薄膜综合生产工艺

2.3.1 吹塑薄膜生产方式

(1) 吹塑薄膜的挤出成型 多用于聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚酰胺等, 吹塑薄膜的厚度为 $0.01 \sim 0.25\text{mm}$, 折径宽度为 $100 \sim 5000\text{mm}$ 。目前我国用得最多的是聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯这几种塑料。

挤出吹塑是在传动装置的作用下, 螺杆在受热密封的螺筒内不停地转动, 物料被连续地从料斗内输送到螺杆槽内, 使物料产生强大的搅混作用, 再加上挤出前端的节流部件, 能连续而均匀地提供足够的压力, 这种压力作用于物料上, 使物料连续不断地向前推进。物料经过加料段、压缩段、均化段之后, 基本上得到一定程度的密实、均化、软化, 塑料熔化变成理想的流动状态, 再通过多孔板、过滤网、机头型腔流道进一步压缩、熔蚀均匀, 最后从机头口模挤出成筒状管。

(2) 薄膜的分类 塑料薄膜按用途可分为农用薄膜和包装薄膜。农用薄膜分为地膜和大棚膜两种, 包装薄膜可分为食品包装和工业制品包装用薄膜, 如机械零件、仪器仪表、家用电器、日常用品、玩具等包装用薄膜。此外还有具有特殊功能的透气膜、水溶膜、绝缘膜、压电膜、防辐射膜等。

薄膜生产的方式有先挤出塑化, 然后再吹塑成型的薄膜, 称为吹塑薄膜; 先挤出塑化, 然后熔融料从模具口流延成型的薄膜, 称为流延薄膜; 在压延机上由几根辊筒碾压塑化原料制成的薄膜, 称为压延薄膜。

(3) 挤出吹塑法的特点

1) 挤出吹塑薄膜生产设备占地面积小, 设备结构比较简单, 项目投资少, 投入生产时间短, 经济效益较好。如生产幅宽 4m 的薄膜, 用吹塑法机头直径为 500mm 。而如用扁平机

头，模唇宽度需 4200mm，尺寸庞大，机头设计复杂，加工难度大，造价昂贵。

2) 挤出薄膜采用吹塑成型时制品为圆筒状，其厚度和宽度比较容易控制。薄膜经挤出吹胀、牵引后，可获得双向拉伸变形，使薄膜的力学强度得到提高，纵向与横向强度较均衡。

3) 挤出法成型薄膜所用设备操作较简单，生产塑料薄膜的工艺技术也比较好掌握。

4) 薄膜制品呈圆筒状，成品不用切边，产生废料少，成品率高，制品成本低。

5) 薄膜制品的幅宽可达 10m 以上。

6) 产品质量不稳定。

因所需的设备简单、操作方便、用一机可生产多个品种规格的产品，挤出吹塑应用最广泛。挤出吹塑薄膜常用设备如下：挤出机、挤出机头、冷却风环、人字形导板、牵引装置和卷取装置。

(4) 挤出吹塑薄膜生产方法 分为上吹法、平吹法、下吹法三种生产方法，如图 2-26 所示。

1) 上吹法。挤出机内熔融塑化的物料经直角机头挤出成为管坯，管坯向上通过冷却风环并被牵引一定距离后，再由人字板夹平牵引，最后由机头底部进入的压缩空气将其吹胀成泡管。机头入气管配装了微调开关，可以通过改变压缩空气的压力来控制薄膜的折径。通过调整牵引速度来控制薄膜的厚度。泡管经牵引辊牵引并进一步冷却定型，成为合格的吹塑薄膜。上吹法生产工艺流程的特点是泡管形成稳定，生产线的设备布置占地面积小，生产人员操作方便，泡管生产运行比较稳定，可生产较大折径和较厚的薄膜制品。其缺点是要求较高的厂房，如果厂房高度不够不利于薄膜冷却，故上吹法不适于生产黏度小的原料。常用的生产原料有聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯等大折径和较厚的薄膜制品。

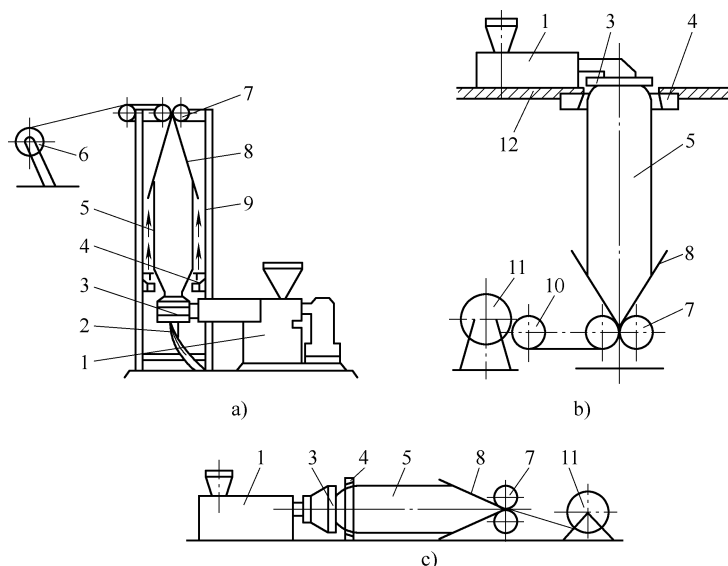


图 2-26 吹塑薄膜生产方法

a) 上吹法 b) 下吹法 c) 平吹法

1—挤出机 2—进气管 3—机头 4—风环 5—膜泡 6—卷取辊 7—牵引辊
8—人字板 9—牵引架 10—导向辊 11—收卷机 12—平台

2) 平吹法。平吹法采用直通式机头, 泡管与机头中心线在同一水平面上。该生产方式的特点是机头结构简单, 生产操作人员掌控生产线设备方便, 易引膜进入冷却风环和人字板, 吹胀比可较大, 但生产线占地面积大, 膜泡有自重下垂现象, 易引起厚薄不均, 不适合生产大折径宽幅薄膜和黏度小的原料。该机头适用于小规格、厚度适中的薄膜生产, 常用原料有聚乙烯、聚氯乙烯、聚苯乙烯等。

3) 下吹法。泡管从机头下方引出, 其特点是可用于挤出流动性比较大的塑料, 有利于冷却, 并可采用水冷却, 生产速度和产品透明度都大幅提高。

下吹法广泛用于黏度小、透明度要求高的塑料挤出薄膜制品。由于挤出机设在高台上, 操作和维修很不方便, 不适合生产较薄的薄膜产品。下吹法的常用原料是聚苯乙烯、聚丙烯、聚酰胺、聚偏二氯乙烯等。

上述三种吹塑薄膜方法各有其特点, 在实际生产中要根据产品规格、技术质量要求、原材料特性和工厂的生产条件全面均衡考虑, 选择最佳工艺再设计好机头模具和相关配套设施。

2.3.2 综合成型工艺参数

(1) 一般薄膜的生产工艺。

1) 普通 PE 包装薄膜。

① 低密度聚乙烯 LDPE。一般采用上吹法生产折径为 300 至 1000mm, 小规格折径在 300mm 以下的, 用平挤平吹法生产包装薄膜。可用 $\phi 45$ mm 的单螺杆机, 配用直通式机头吹塑生产, 机筒温度为加料段 100 ~ 120℃、塑化段 130 ~ 150℃、均化段 160 ~ 170℃, 机头温度为 160℃左右。吹胀比 2.0, 牵引比为 5.0, 牵引速度为 10 ~ 20m/min, 口模间隙为 0.8 ~ 1mm, 常用于育秧、化肥包装等方面。

② 高密度聚乙烯 HDPE。加料段温度为 130 ~ 150℃, 塑化段温度为 150 ~ 170℃, 均化段温度为 170 ~ 180℃, 机头后段温度为 165 ~ 175℃, 出口段温度为 160 ~ 170℃。

2) 农用膜。增强大棚农用膜是用 LDPE/LLDPE (75/25) 为原料, 用上吹法加工成折径为 2 ~ 5m 的宽幅薄膜。采用 $\phi 90$ 至 150mm 的挤出机, 配套旋转机头, 机筒温度分五段控制, 依次为 120 ~ 140℃、150 ~ 170℃、175 ~ 185℃、185 ~ 190℃、190 ~ 195℃, 机头温度分别为 185 ~ 190℃、180 ~ 185℃、175 ~ 180℃。

3) 聚丙烯 PP 包装薄膜。PP 薄膜具有无毒、质量轻、机械强度大、透明度高、耐热性好等优点, 用途广泛, 特别适宜服装和精美食品包装, 并能作蒸煮袋的基材。适用于下吹水冷生产, 可制成折径小于 300mm、高透明度的包装薄膜, 用 $\phi 45$ (或 65)mm 单螺杆挤出机、配套螺旋机头生产, 机筒温度依次为加料段 130 ~ 160℃、塑化段 170 ~ 190℃、均化段 190 ~ 210℃, 机头温度后段为 200 ~ 210℃、出口段为 190 ~ 200℃。

4) 软聚氯乙烯。一般采用单螺杆挤出机, 用 PVC 粒料生产, 机筒温度加料段为 140 ~ 150℃、塑化段为 150 ~ 160℃、均化段为 160 ~ 170℃, 机头温度后段为 160 ~ 170℃、出口段为 155 ~ 165℃。

5) 硬聚氯乙烯。加料段温度为 150 ~ 160℃、塑化段温度为 160 ~ 170℃、均化段温度为 170 ~ 180℃, 机头后段温度为 170 ~ 180℃、出口模温度为 165 ~ 175℃。吹胀比为 1.5 ~ 2.5, 拉伸比为 2 ~ 5。定型后的薄膜必须有良好的冷却, 否则薄膜会发黏。适合食品的包装。

(2) 吹胀与牵引 熔融物料从机头口模挤出后形成管坯, 应立即吹胀。吹胀包括横向

拉伸和在牵引辊作用下的纵向拉伸。吹胀后薄膜获得了双轴取向，强度得到提高，且随取向程度的提高，强度也增大。薄膜的吹胀比 $a = D_D / D_K$ 。式中， D_D 是吹胀后膜管直径 (mm)； D_K 是环形口模直径 (mm)。薄膜的折径大小由吹胀比 a 决定。薄膜的牵引比 b 是指牵引速度和机头环形间隙出料速度之比，即 $b = V_D / V_Q$ 。式中， V_D 是牵引速度 (m/min)； V_Q 是挤出速度 (m/min)。薄膜的厚度由牵引比决定。

在生产中采用同一规格的机头口模，靠调节吹胀比和牵引比来制作不同折径、不同厚度的薄膜。吹胀比一般控制在 1.5~3。吹胀比太小，薄膜的横向强度低；吹胀比太大，膜管不稳定。牵引比一般控制在 3~7。牵引比太小，薄膜的力学性能差；牵引比太大，膜管容易拉断。各种薄膜采用的吹胀比：PVC 为 2.0~3.0，LDPE 为 1.5~3.5，LLDPE 为 1.5~3.0，PP 为 0.9~1.5，PA 为 1.0~1.5，HDPE 超薄膜为 3.0~5.0，收缩膜拉伸膜为 2.0~5.0。

(3) 冷却定型 薄膜从机头口模挤出吹胀后，应立即进行冷却。若冷却效果不好，则薄膜发黏，甚至影响正常生产，所以，有效的冷却非常重要。生产中一般采用普通风环冷却。若薄膜较厚，为提高冷却速度，可采用双风口负压风环冷却。双风口负压风环可提高冷却效率约 25%。冷却效果可由薄膜冷冻线的位置高低来判断。采用风环冷却的薄膜，在刚挤出口模时的管状物是透明的，当冷却到适当温度而产生晶体时（指聚烯烃等结晶性塑料），即失去透明而变得浑浊，浑浊与透明区的交界线被称为冷冻线。冷冻线位置的高低受很多因素影响，低密度聚乙烯实测冷冻线处温度在 90℃ 左右，则冷冻适中，薄膜冷却均匀，表面光滑，薄膜质量好。冷冻线过高，则冷却不足，冷却时间长，薄膜结晶度增加，透明度下降，开口性下降，纵向取向增加。冷冻线过低，则冷却过急，冷却时间短，薄膜易产生内应力，薄膜发脆，横向取向增加，表面粗糙。

冷冻线高度与泡型和吹胀比之间有密切关系。一方面，吹胀比的大小必须由相应的泡型、冷冻线高度来保证；另一方面，同一吹胀比、同一泡型，冷冻线的高度也可不相同。吹塑薄膜的正常泡型有三种，如图 2-27 所示，L 型纵向定向性强，但纵横向的均衡性最差；H 型横向定向性差，纵横向均衡性最好；M 型介于 L、H 型之间。

高冷冻线的 H 泡型，显示了膜管在冷冻线处骤然膨胀，促使分子发生纵横两向同时取向，这是制取高强度超薄薄膜、双向收缩薄膜、拉伸薄膜的必要条件。一般吹塑薄膜多采用 M 型。L 型仅在制取单向收缩薄膜或拉伸薄膜时采用。同时，泡型的选择要结合设备条件、产品要求、树脂性能及加工过程中的其他因素综合考虑，选定一个合理的泡型。

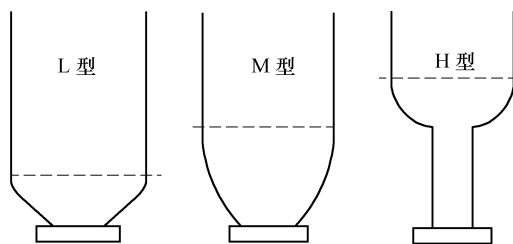


图 2-27 吹塑薄膜的三种泡型

影响泡型的主要因素有吹胀比、牵引速度、冷却条件、风环、料温等，其中吹胀比和冷却条件对泡型的影响最大，牵引速度其次。

(4) 薄膜厚度调整 薄膜厚度的调节步骤如下：

- 1) 首先调整口模与芯模环形缝隙，使各处均匀一致，确保厚度均匀。
- 2) 出料后，调整出料速度均匀一致。可通过微调调节螺栓使膜泡厚度均匀。
- 3) 通过调节冷却风环的位置、风量、开度，来测定薄膜冷冻线的合适位置，使薄膜厚

度均匀。

4) 薄膜局部厚度不均匀时, 偏厚处可减少风量, 使薄膜径向厚度均匀。

在上述调节薄膜厚度均匀的基础上, 通过调节牵引速度可调节薄膜的厚度。

(5) 人字板张开角

1) 人字板的作用有两个, 一是将筒状膜泡展平, 送入牵引夹辊; 二是使膜泡进一步冷却。膜泡通过人字板时, 有一部分会先与人字板接触, 而另一部分(人字板两侧)的膜泡则和人字板接触较晚。因此在膜泡圆周方向上就会出现冷却不均匀, 从而造成薄膜的厚度不均匀和出现皱褶。所以, 在人字板的结构与选材上, 既要缓和冷却效果, 又要使其散热良好, 减少膜和人字板的摩擦。

2) 人字板的张开角与薄膜平整度关系很大, 张开角越大, 产生皱褶的可能性越大。一般人字板的夹角为 $10^{\circ} \sim 40^{\circ}$, 通常调节在 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 。另外人字板张开角的大小还与薄膜厚度有关, 薄型膜张开角应减小, 厚度较大的膜, 张开角应增大。

(6) 吹塑薄膜生产中的异常现象、产生原因及解决方法 (见表 2-5)

表 2-5 吹塑薄膜生产中的异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
引膜困难	① 机头温度过高或过低 ② 厚度相差较大 ③ 原料脏, 焦烧点多	① 调整机头温度 ② 调整薄膜厚度, 使其均匀一致 ③ 更换原料, 拆机头, 清理螺杆
泡管不正	① 机身、口模温度过高 ② 机颈温度过高 ③ 机头间隙不一引起出料不均	① 适当降低机身、口模温度 ② 适当降低机颈温度 ③ 调整机头间隙
泡管出现葫芦形, 宽窄不一	① 有规律性时, 是牵引辊夹紧力小或传动阻力引起牵引速率变化 ② 无规律性时, 是牵引速度不均, 风环压力太大	① 适当增加牵引辊的夹紧力, 并检修机械传动装置 ② 调节牵引速度并使之稳定, 调整风环压力均匀一致
表面发花, 如云团状	① 机身或口模温度低 ② 螺杆转速太快 ③ 螺杆温度过高或过低 ④ 配方不合理	① 升高机身或口模温度 ② 降低螺杆转速 ③ 调整螺杆冷却介质流量 ④ 改进配方
挂料线	① 在出料口处堆积有分解物 ② 口模被碰伤	① 用铜铲刮去, 严重时要进行清理 ② 修复碰伤部位
接缝线痕迹明显	① 机头或机颈温度过高 ② 芯棒尖处有分解料 ③ 机头设计不合理	① 降低机头或机颈温度 ② 顶出芯棒进行修理 ③ 修改机头设计
薄膜厚度不均匀	① 口模间隙不均 ② 风环冷却不均 ③ 压缩空气不稳定 ④ 芯棒偏中变形 ⑤ 机头四周温度不均 ⑥ 吹胀比太大	① 调整间隙, 使其均匀 ② 调节冷却风量, 使其均匀 ③ 检修空压机, 使压缩空气稳定 ④ 调换芯棒 ⑤ 检修机头加热器 ⑥ 减少吹胀比
褶皱	① 薄膜厚度不均 ② 冷却不足或不均 ③ 人字架或牵引辊与机头中心不在一条直线上 ④ 人字架角度太大 ⑤ 人字架角度与泡管直径不相适 ⑥ 牵引辊变形或松紧不一	① 调节薄膜厚度 ② 加强冷却或降低线速度 ③ 校正中心线 ④ 减少人字架角度 ⑤ 校正人字架角度 ⑥ 调节牵引辊张力

(续)

异常现象	产生原因	解决方法
透明度差	① 机身或机头温度过低 ② 冷却不足	① 适当升高机身或机头温度 ② 加强冷却或降低速度
焦粒	① 原料中混有杂质 ② 树脂分解	① 原料过筛 ② 清理机头
僵块	① 滤网被顶破 ② 温度不适	① 调换滤网 ② 调节温度
气泡	原料潮湿	烘干原料
薄膜发黏， 不易分开	① 机身和机头温度过高 ② 牵引辊太紧或牵引速度太快 ③ 冷却不足	① 降低机身和机头温度 ② 调节牵引辊夹紧力或降低牵引速度 ③ 加强冷却
卷取不平	① 薄膜厚度不均 ② 冷却不足 ③ 人字架间隙不均 ④ 牵引架跑偏 ⑤ 膜管内夹有空气，造成褶皱	① 调节薄膜厚度 ② 加强冷却 ③ 校正人字架间隙 ④ 调节牵引辊夹紧力，使两端一致 ⑤ 排除膜管内空气，清除褶皱现象

2.4 挤出流延薄膜成型试模调机

2.4.1 挤出流延膜概述

挤出流延法生产薄膜具有容易大型化、高速化、自动化的特点，生产出的薄膜透明度高、厚度均匀、精度高、强度好，可用于自动包装，这些用吹塑法无法满足。用流延法生产薄膜的树脂主要有聚丙烯、聚乙烯和尼龙。生产方法是通过 T 型机头，将熔融薄膜挤出向下流延至冷却辊表面，冷却定型后，经牵引、切边和卷取，即制得单层流延膜。膜厚一般为 0.05 ~ 0.10mm，也可以制成多层复合膜。流延膜生产有以下特点。

- 1) 流延成型所用的辅机设备要求加工精度高，结构也比较复杂，所以流延比吹塑成型用的机头等辅机造价高。
- 2) 流延成型薄膜的幅宽受辅机规格限制，远比吹膜幅宽小，一般不大于 4m。
- 3) 流延膜的厚度偏差比吹膜小，厚度均匀的流延膜适合印刷、干式复合、自动包装等。
- 4) 流延膜的透明度高（雾度低）、光泽度好、手感好、柔软。
- 5) 流延法成型薄膜所用辅机对膜坯冷却效果好，可以提高生产率，不产生吹塑筒状膜时的折径粘连现象。
- 6) 流延法生产的薄膜如果不采用双向拉伸工艺，其纵、横向力学性能就不如吹塑薄膜均衡。

流延膜近年发展非常快，特别是多层共挤流延膜是很好的包装保鲜材料，得到广泛应用，如牛奶、饮料、茶水、果汁等的包装。目前流行的五层共挤流延乳制品、饮料包装片材的组合形式是 PP/PE/EVA/EVOH/HIPS 或者是 PP/PE/EVA/PODC/HIPS。这里 PP 是饮料接触的无菌层，PE 是隔水层，EVA 是粘结剂，EVOH 和 PVDC 是阻隔层，HIPE 是为提高片材的刚性和印刷层质量。

(1) 原材料准备 聚丙烯 PP 流延薄膜又叫 CPP 薄膜, 是流延膜中产量最大、应用最广的品种。由于它具有无毒、质量轻、厚度均匀、强度高、透明度好、光泽性好、耐热优良、热封性好、防潮性好、刚性高、机械适应性强等一系列优点, 使 CPP 得到广泛应用, 主要用作食品、服装、纺织品、床上用品的包装材料。

聚丙烯挤出流延薄膜生产要求树脂流动性好, 一般选用挤出级聚丙烯, 熔体流动速率为 $10 \sim 12\text{g}/10\text{min}$ 的树脂。树脂型号可根据薄膜的用途选取。例如要求耐用 140°C 以上高温蒸煮杀菌级薄膜, 应当选用可嵌段共聚聚丙烯树脂专用料, 普通包装级可用均聚聚丙烯树脂。医用级 PE 薄膜 (医用手套、胶布底基), 要求有较好的回弹性和柔软性, 应选用可共混 EVA 料。

尼龙薄膜具有强度高、韧性、透明性、耐油性、耐热性和耐寒性好的优点, 可在 $-50 \sim 180^\circ\text{C}$ 范围内使用, 可作高温蒸煮材料和冷冻包装材料。尼龙薄膜阻隔氧气性能好, 是阻隔性材料。另外尼龙耐穿刺性好, 不易被包装物刺穿。

聚乙烯流延膜透明度好、厚度均匀, 主要原料为 LDPE, 熔体流动速率为 $2\text{g}/10\text{min}$, 用于建筑及各种防水材料、干复合材料热封层基材。LLDPE 的熔体流动速率为 $3 \sim 8\text{g}/10\text{min}$, 用于保鲜薄膜和自黏性缠绕薄膜。

(2) 工艺流程及生产设备

1) 工艺流程。流延 CPP 薄膜工艺流程为 PP 树脂→挤出机塑化→T 型机头挤出→流延薄膜→冷却辊定型→电晕处理→牵引→卷取→存放自然收缩→分切→成品。流延薄膜挤出成型设备及生产工艺路线如图 2-28 所示。

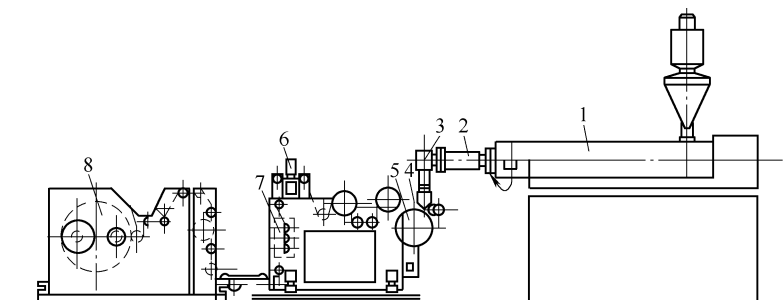


图 2-28 流延薄膜挤出成型设备及生产工艺路线

1—挤出机 2—过滤装置 3—成型模具 4—气嘴 5—冷却定型辊筒
6—测厚装置 7—电晕处理装置 8—收卷装置

流延薄膜的生产设备主要包括挤出机、机头、三辊压光机、冷却装置、牵引机、剪裁机、卷取装置等。附加装置有换网装置、压光辊温度控制系统、测厚仪、风刀、电晕处理装置、贴膜机等。三辊压光机有立式布置和水平布置两种, 一般高黏度塑料制品采用立式垂直布置, 低黏度塑料制品采用水平布置, 并且膜较薄时水平布置优越性更突出。而一些加工性能较好的材料 (比如 PP、PS) 可以采用立式倾斜布置, 水平和倾斜布置操作比较方便。

2) 生产设备。

①挤出机。流延膜一般选用单螺杆挤出机, 对聚丙烯选用螺杆直径为 $90 \sim 200\text{mm}$, 长径比 $L/D = 25 \sim 33$, 压缩比 $\varepsilon = 4$, 螺杆结构为带混炼头的计量型螺杆; 对尼龙选用螺杆直径为 $90 \sim 150\text{mm}$, 长径比 $L/D = 28 \sim 33$, 压缩比 $\varepsilon = 3.5 \sim 4$, 螺杆结构为突变型螺杆, 可带混炼头; 对聚乙烯选用螺杆直径为 $90 \sim 150\text{mm}$, 长径比 $L/D = 25 \sim 30$, 压缩比 $\varepsilon = 3.0$, 螺

杆结构为计量型突变螺杆。

② 机头。流延膜机头有歧管型 (T 型)、螺杆分配型、衣架型和鱼尾型, 其中用得较多的是歧管型和衣架型。

③ 冷却辊。冷却流延辊是一种直径较大的钢辊, 如图 2-29 所示。它直径为 300 ~ 800mm, 机头宽度增加取大值, 辊筒表面镀铬, 抛光至镜面。辊筒内为螺旋式分流结构, 冷却介质恒温并循环装置, 要求辊面轴向温度均匀, 温差应达到最小。三辊压光机的压光辊和流延冷却辊, 不但要求表面粗糙度低, 还要求硬度高, 能达到 55 ~ 60HRC, 温度也要严格控制。

冷却定型辊筒是为流延膜降温定型用, 第一辊筒 (流延冷却辊) 直径为 600 ~ 800mm, 第二辊筒 (冷却辊) 直径为 300mm, 两个辊筒均通冷却循环水。为了得到较好的降温效果, 最好使冷却水强制加快循环, 这样可提高流延膜的透明度和减少幅宽收缩。辊的表面要抛光镀铬达到镜面级, 以保证流延膜表面透明光亮。

④ 喷气 (气刀) 装置。喷气装置中的主要零件是气刀, 安装在流延膜与冷却辊接触的部位, 如图 2-29 所示。气刀体是一个筒型, 一侧开有窄缝, 有能吹出压缩空气的喷嘴, 喷嘴的长度与模具上的模唇长度相同, 喷嘴缝隙宽为 0.4 ~ 2mm。工作时从喷嘴喷出气压稳定、气流速度均衡的压缩空气, 垂直吹向冷却辊筒上的薄膜。气刀的作用是把从模唇口流延出的薄膜紧贴贴在冷却辊筒面上, 把薄膜快速冷却, 减少膜面幅宽的收缩, 使流延薄膜的宽度和厚度尺寸稳定。气刀与冷却辊筒的距离可根据膜的成型状况在 3 ~ 40mm 范围内调整。

⑤ 牵引装置。流延成型设备中的牵引装置由一对直径约为 250mm 的辊筒组成, 其中一个为辊面挂有橡胶层的被动轮, 另一个是表面镀铬有硬铬层的主动辊。牵引辊工作时, 主动辊在下, 橡胶辊压在钢辊上, 冷却定型的流延薄膜从两辊间通过时被两辊夹紧, 被牵引着向卷取方向运行。

⑥ 切边装置。切边装置安装在卷取装置前, 其作用是切除冷却定型薄膜两端较厚部分的薄膜。膜两端的切刀片距离可按产品宽度要求进行调整, 切下的膜边可回收造粒再用。

⑦ 其他辅助装置。如为了清除熔融料中的杂质而用的过滤网, 快速换网用的换网装置, 测量流延薄膜厚度用的 β 射线测厚仪, 型号为

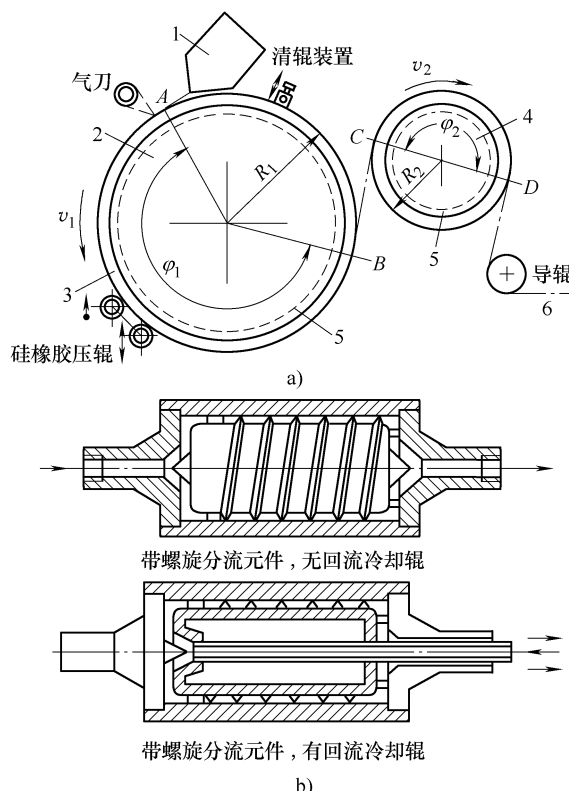


图 2-29 流延冷却辊结构

- a) 流延膜的冷却接触长度和辊筒的排列 b) 冷却辊筒的内部结构
 1—狭缝口模 2—流延辊 3—流延辊夹套 4—冷却辊
 5—冷却介质 6—膜 v_1 、 v_2 —流延辊、冷却辊速度
 R —辊半径 φ —包覆角 $\widehat{AB}$ —冷却接触长度 (流延辊)
 $\widehat{CD}$ —冷却接触长度 (冷却辊)

KR100D、能够满足生产速度为 100m/min、保证薄膜表面的润湿张力达到 38mN/m 以上的膜面电晕处理装置，以及冷却辊筒下端的硅橡胶压辊和上端的清辊装置等。

2.4.2 挤出流延膜机头设计

聚丙烯流延膜机头可为支管式或衣架式。机头宽度有 1.3m、2.4m、3.3m、4.2m 多种规格。口模平直部分长度 $L = (50 \sim 80)t$ (t 为薄膜厚度)，薄膜厚度小时取大值。模唇开度为 0.3 ~ 0.5mm，厚度大时取小值。聚乙烯流延薄膜可采用支管式扁平结构，支管直径为 30 ~ 50mm，模唇间隙为 0.3 ~ 1.0mm。尼龙流延薄膜如采用支管式扁平机头，模唇定型段长度比 CPP 应稍长，但目前使用较多的是衣架式扁平机头。

1) 衣架式机头概述。由于机头流道像衣架而取名衣架式机头，其结构如图 2-30 所示。

衣架式机头采用支管式机头的圆形槽，但槽形截面积从中间进料口向两侧由大逐渐变小，这使得熔融料的纵向流量在整个模具腔内的横断面上分配接近一致，压力分配也趋于均匀，有少量的存料可起稳压作用，但缩小了圆形槽的截面积，减小了物料的停留时间。它采用的衣架形的斜形流道弥补了中间和两端薄膜厚薄不均匀的问题。由于衣架式机头运用了流变学的理论，而这方面的研究比较成熟，所以，衣架式机头应用广泛。其缺点是型腔结构复杂，价格较贵。如图 2-30 所示，阻流区 $a-a$ 设置于流道的中央，用以调节物料流速。当熔体通过径向尺寸渐减的歧管 b 、 c 、 d 、 e 、 f 到稳压区时，横向流速已趋于一致；再通过阻流调节块 6（又名阻流条）进行微调后，熔料流速与压力就能达到均匀性的要求。通过调节上模唇 2，可挤出多种厚度规格膜坯。上下模的内表面必须非常光滑平整，最好能镀铬，以提高膜板片材的光亮度和平整度。衣架式机头的扩张角大于鱼尾型模具，可达 165° 左右，这样缩短了模具结构中的纵向尺寸。

衣架式机头成型模具结构比较适合 PE、PS 和 ABS 的薄膜挤出成型，也可用于 PVC 薄膜的挤出成型，但成型模具的幅宽不能太宽。

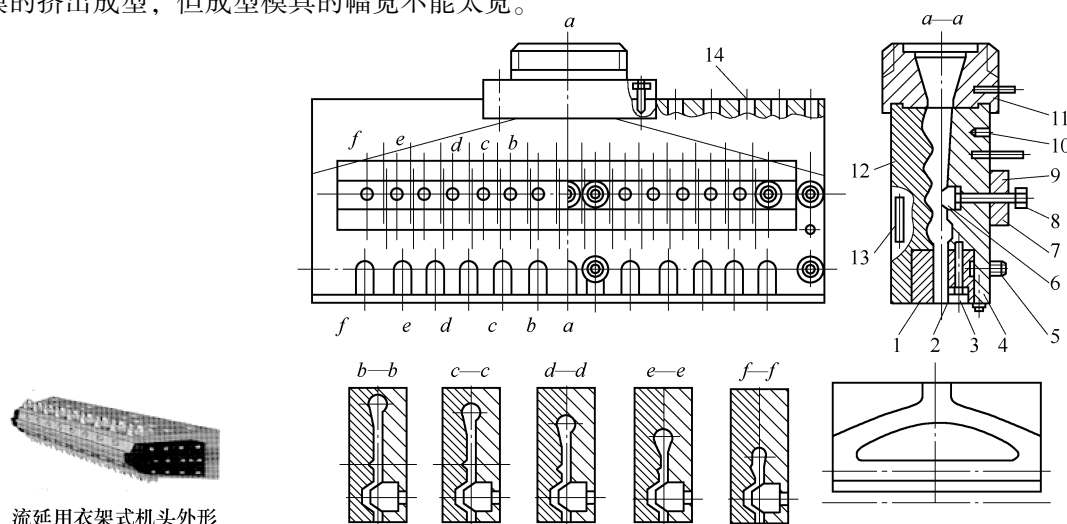


图 2-30 衣架式机头结构

1—下模唇 2—上模唇 3—螺钉 4—上体 5,8—调节螺钉 6—阻流调节块 7—哈味压块
9—调节螺母 10—热电偶孔 11—机颈 12—下体 13—加热棒 14—内六角螺钉

2) 衣架式机头的主要零部件。

① 内部型腔结构。衣架式机头内部型腔结构如图 2-31 所示。

衣架式机头内部型腔结构可通过流变学的理论进行计算。

② 模唇调节结构。挤出物料是否均匀，是流延成型的关键所在。衣架式机头模唇调节结构如图 2-32 所示。热螺栓自动调节式平缝机头模唇调节结构如图 2-33 所示。

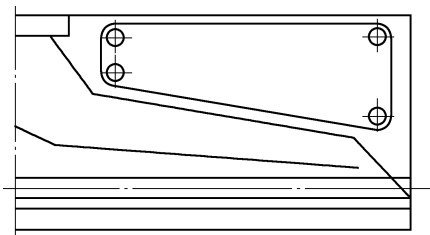


图 2-31 衣架式机头内部型腔结构（右半部分）

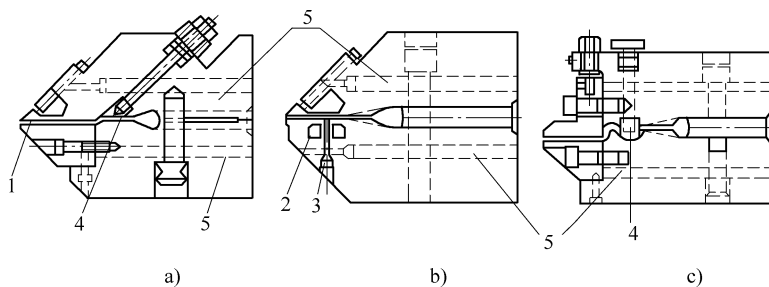


图 2-32 衣架式机头模唇调节结构

a) 平膜与片材机头 b) 平膜机头 c) 板、片材机头

1—柔性模唇 2—横向凹槽 3—可挠曲流道壁 4—调节排 5—筒型加热器

③ 过滤熔料装置。生产流延薄膜和吹塑薄膜一样，在机头前方应安装过滤板、过滤网。过滤板的结构相同，但流延薄膜生产采用两工位过滤板。这两块过滤板同时装在一个滑动板上，在生产过程中只有一块过滤板处于工作位置。当过滤板需要更换时，可降低螺杆转速，并立即推动滑动板把另一块过滤板推到工作位置，再恢复螺杆转速（也可采用液压或气动方式推动滑动板）。

2.4.3 挤出流延膜试模调机

(1) 聚丙烯流延膜的生产工艺 以机头宽 1.3m、螺杆直径 120mm 的生产线为例，生产工艺如下。

1) 机筒温度（从加料段至螺杆出口段）。机筒温度依次为 180 ~ 200℃、200 ~ 220℃、220 ~ 240℃、230 ~ 240℃，排气抽真空段温度（温度要低些）为 210 ~ 220℃、230 ~ 240℃、240 ~ 260℃，机头温度为连接器 240 ~ 260℃、过滤器 240 ~ 260℃、模唇 240 ~ 250℃。机头处的物料温度为 240℃，机筒第五段温度偏低，此处为排气

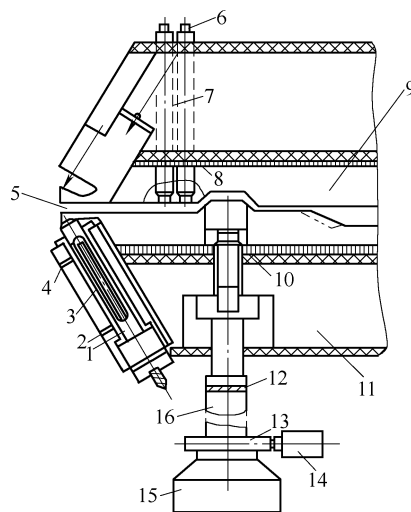


图 2-33 热螺栓自动调节式平缝机头模唇调节结构

1—膨胀螺栓 2—空气入口 3—筒型加热器
4—空气出口 5—流道测量 6—压力测量
7—温度测量 8—带状加热器 9—温度可控模体
10—隔热层 11—支承体 12—剪切销
13—脉冲发生器 14—可调变速电动机
15—万向接头轴 16—连接轴套

抽真空段。挤出温度提高,透明度和强度也将提高。

2) 冷却辊表面温度。一般控制在 $18 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。冷却辊温度较低时,结晶速度快,结晶度小,薄膜透明度及光学性能较好,但温度太低会增加制冷成本。

3) 通常螺杆转速为 $60\text{r}/\text{min}$,牵引速度为 $80 \sim 90\text{m}/\text{min}$ 。提高牵引速度,会增加薄膜纵向强度和挤出产量,但牵引速度太快会降低薄膜透明度。

4) 气刀与冷却辊之间的距离应控制得尽量小,使薄膜能紧贴冷却流延辊。在整个机头宽度范围内,气刀与冷却辊之间的距离应相同,气刀风的压力应均匀。

5) 收卷张力应适当,一般为 100N 左右。张力太大,则薄膜卷取太紧,不利于陈化(放置一段时间)与分切。陈化过程中由于薄膜收缩,如收卷过紧会产生暴筋现象。张力太小,则薄膜卷取不紧,边缘不整齐。

CPP 薄膜表面电晕处理后,表面张力随时间增加而下降,且原料中低分子物质含量越多,下降幅度越大。所以,表面处理时可将薄膜表面张力适当提高至 $40 \sim 120\text{mN}/\text{m}$ 。表面张力也不能过大,否则薄膜会发脆,导致力学性能下降。

(2) 尼龙薄膜的生产工艺 以尼龙 6 为原料,挤出螺杆直径为 90mm 、 L/D 为 $32:1$ 、螺杆压缩比为 3.5 的生产线为例,生产工艺如下。

1) 挤出温度。从机筒下料段至螺杆出料口的温度依次为 $240 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 、 $250 \sim 260^{\circ}\text{C}$ 、 $260 \sim 270^{\circ}\text{C}$ 、 $270 \sim 280^{\circ}\text{C}$ 、 $280 \sim 285^{\circ}\text{C}$,连接器温度为 $260 \sim 270^{\circ}\text{C}$,右 1 机头温度为 $270 \sim 275^{\circ}\text{C}$ 、右 2 机头温度为 $265 \sim 270^{\circ}\text{C}$ 、中间机头温度为 $260 \sim 265^{\circ}\text{C}$ 、左 1 机头温度为 $265 \sim 270^{\circ}\text{C}$ 、左 2 机头温度为 $270 \sim 275^{\circ}\text{C}$ 。由于尼龙 6 是高结晶聚合物,熔融温度范围窄,尼龙熔体黏度对温度变化的敏感性较大。因此,生产尼龙 6 流延薄膜的挤出温度应严格控制,机头模唇温度必须低于机头模体温度,且温度不能波动较大,否则薄膜厚度不均匀,甚至发生涌料现象。

2) 尼龙 6 流延薄膜冷却辊温度。第一冷却辊表面温度为 $90 \sim 100^{\circ}\text{C}$,第二冷却辊表面温度为 $20 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 聚乙烯流延膜生产工艺

1) 聚乙烯流延膜挤出温度比吹塑法高,机筒温度从加料段至螺杆出口段依次为 $180 \sim 190^{\circ}\text{C}$ 、 $190 \sim 200^{\circ}\text{C}$ 、 $200 \sim 210^{\circ}\text{C}$ 、 $210 \sim 220^{\circ}\text{C}$ 、 $220 \sim 230^{\circ}\text{C}$ 。

2) 机头温度 右 1 为 $220 \sim 225^{\circ}\text{C}$,右 2 为 $215 \sim 220^{\circ}\text{C}$,中间为 $210 \sim 215^{\circ}\text{C}$,左 1 为 $215 \sim 220^{\circ}\text{C}$,左 2 为 $220 \sim 225^{\circ}\text{C}$ 。

3) 冷却辊温度为 $20 \sim 40^{\circ}\text{C}$ 。气刀与冷却辊距离应较小,以减少聚乙烯薄膜折径,间距一般为 $30 \sim 50\text{mm}$ 。

(4) 流延膜的厚度控制

1) 温度控制。同种塑料流延法比吹塑薄膜的机筒温度要高 $20 \sim 30^{\circ}\text{C}$,比管材生产的机筒温度要高 $30 \sim 40^{\circ}\text{C}$,且机头温度要比机筒温度低 $5 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。机头由于是衣架式机头,扁平形式,两边的流道比中间部位流道要长,因此必须使两边的温度高于中间,通过提高温度加大两边的流动量,用温度差来控制厚度变化。

2) 模唇间隙。在模唇间隙上,调节为模唇开度是中间部位稍小,两边稍大,依靠机头中的节流棒来调节熔融物料的流动性,使口模全长内的流速达到一致。

3) 模唇到冷却辊的距离。模唇到冷却辊的距离越小越好。由于拉伸收缩的影响,如果

4) 厚度的测量。

A schematic diagram of a laser scanning system. A laser beam (1) is reflected by a mirror (2) and focused by a lens (3) onto a mask (4). The mask is mounted on a stage (5) that can move horizontally, as indicated by arrows. The stage is driven by a motor (6). The mask is used to expose a photoresist (7) on a substrate (8). The substrate is mounted on a stage (9) that can move vertically, as indicated by arrows. The stage is driven by a motor (10). The substrate is then processed in a developer (11).

1—厚度扫描仪 2—冷却辊 3—机头 4—挤出机 5—传动装置
6—转速计 7—膨胀螺栓电力调节器 8—厚度测量装置
9—控制单元和打印机 10—微处理器 11—监控器

(5) 聚丙烯流延薄膜生产中异常现象、产生原因及解决方法 (见表 2-6)

表 2-6 聚丙烯流延薄膜生产中异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
薄膜厚度不均匀	① 机头温度不均匀 ② 阻流器调节不当 ③ 模唇间隙不当 ④ 牵引速度不稳定 ⑤ 模框中有杂质 ⑥ 气刀位置、方向不当或出风不均 ⑦ 回收料加入过多或加入不均匀	① 检修机头加热器 ② 调节阻流器 ③ 调节模唇开度 ④ 检修转动装置 ⑤ 清理口模 ⑥ 调整气刀、风量 ⑦ 回收料量应适当且要均匀
膜表面有连接条纹	① 模唇划伤 ② 模唇间隙有杂质 ③ 冷却辊表面损伤 ④ 急冷辊冷却不均匀	① 研磨唇口 ② 清理模唇 ③ 磨光辊面 ④ 清除急冷辊内积水及水垢
薄膜透明度差	① 冷却辊温度高 ② 机头温度太低 ③ 辊面不清洁 ④ 熔融膜贴辊效果差 ⑤ 口模到急冷辊的距离过大 ⑥ 挤出速度过快	① 降低冷却辊温度 ② 提高机头温度 ③ 清洁辊面 ④ 调节辊筒温度及口模温度 ⑤ 缩短口模到急冷辊的距离 ⑥ 适当放慢挤出速度
鱼眼和僵块	① 挤出温度太低 ② 树脂质量差 ③ 熔体压力小,塑化不良 ④ 口模到急冷辊的距离过大	① 提高挤出温度 ② 更换原料 ③ 适当增加滤网层数和目数 ④ 调整口模到急冷辊的距离

(续)

异常现象	产生原因	解决方法
皱褶	① 卷取张力太大 ② 展平辊位置不当 ③ 膜横向厚薄均匀度差	① 调节收卷张力 ② 调整展平辊 ③ 调整薄膜厚度使其均匀
薄膜表面有气泡	① 原料有水分 ② 挤出温度过高	① 干燥原料 ② 降低挤出温度
膜表面白色斑点多	① 原料中析出物过多 ② 急冷辊表面有凝结物 ③ 急冷辊温度过低	① 调整原料及配方 ② 清洗急冷辊 ③ 适当升高急冷辊温度
薄膜滑爽性差	① 原料与配方不当 ② 挤出和冷却温度过高 ③ 口模到急冷辊的距离过大 ④ 挤出速度过快	① 调整原料或添加滑爽剂 ② 适当降低挤出和冷却温度 ③ 缩短口模到急冷辊的距离 ④ 适当降低挤出速度
薄膜收缩大	① 原料熔体流动速率偏大 ② 原料结晶度高 ③ 挤出和冷却温度偏高 ④ 卷绕张力偏大 ⑤ 存放环境温度偏高	① 选择熔体流动速率小的树脂 ② 降低结晶度 ③ 适当降低挤出和冷却温度 ④ 降低卷绕张力 ⑤ 降低存放环境温度
表面横向强度小	① 挤出和牵引速度过快 ② 模唇间隙过大 ③ 冷却温度太低	① 调整挤出和牵引速度 ② 调整模唇间隙并使其小于 20 倍膜厚 ③ 适当提高冷却温度
膜卷有暴筋 (表面凸起的纵向筋条)	① 薄膜厚度不均 ② 卷绕张力太大 ③ 气刀位置、方向不当或出风不均	① 调整薄膜厚度使其均匀 ② 适当放松膜卷 ③ 调整气刀
卷绕时跑卷	① 卷绕张力太小 ② 膜静电太大 ③ 卷绕、接触张力不稳定或不匹配 ④ 环境温度太高	① 适当增加卷绕张力 ② 消除静电 ③ 检查控制测量电子元件 ④ 降低环境温度
膜卷端面不齐整	① 卷绕张力偏小,膜卷松 ② 卷绕、接触张力不稳定 ③ 纸芯不够紧	① 增大卷绕张力 ② 调整卷绕、接触张力使其稳定 ③ 调换纸芯

2.5 聚丙烯薄膜挤出成型试模调机

(1) 聚丙烯薄膜概述

1) 聚丙烯薄膜生产方法。

① 挤出吹塑薄膜是把塑化熔料经成型模具挤出成圆筒状膜坯，再把压缩空气输入到筒状膜坯内，把膜坯吹胀成有一定厚度和直径的膜泡，经风冷降温定型后制成的薄膜（简称 IPP 膜）。

② 挤出流延薄膜是用单螺杆挤出机把 PP 料塑化熔融后，采用 T 形（或衣架形）成型模具，挤出成型薄膜片流延至平稳转动的辊筒上，降温定型后制成的薄膜（简称 CPP 膜）。

③ 挤出拉伸薄膜是把挤出流延或挤出吹塑成型的薄膜或片材，经单向或双向拉伸后制成的薄膜（单向拉伸薄膜简称 MOPP，双向拉伸薄膜简称 BOPP）。

④ 复合法成型薄膜是把聚丙烯树脂与其他树脂（PE、PVDC）经共挤流延或共挤吹塑

后成型的聚丙烯复合膜。

2) 聚丙烯塑料薄膜性能。优点是相对密度小,机械强度大,耐热性好,与其他材料复合制成的蒸煮袋可在 100℃ 煮沸不变形,薄膜透明、无毒、无味、无色、耐湿防潮、耐腐蚀,电绝缘性和抗冲击性好。缺点是与铜接触易老化,加工收缩率高,染色性差,在低温时冲击强度低,对缺口敏感。由于聚丙烯塑料薄膜优点显著因而用途广泛,如在冷热食品、化学药品、服装、电子元器件等的包装中都得到广泛应用。

(2) 聚丙烯薄膜的挤出吹塑成型

1) 原料准备。聚丙烯薄膜挤出吹塑成型应选用熔体流动速率为 4 ~ 10g/min、密度为 0.89 ~ 0.91g/cm³ 的树脂。

2) 工艺流程。聚丙烯薄膜的挤出吹塑成型大多采用下吹法,其工艺流程如下:聚丙烯树脂→单螺杆挤出机把原料塑化熔融→机头挤出管状膜坯→风环→人字架→牵引机牵引膜坯运行(同时膜筒被吹胀成膜泡,冷风吹膜或水环降温定型)→牵引装置→烘箱干燥→电晕处理(根据用途定)→成品薄膜收卷。平挤下垂吹塑法采用直角机头,管坯垂直向下牵引,管泡的牵引方向与机头产生的热气流方向相反,这有利于管泡的冷却,同时还可用水直接冷却管泡。聚丙烯塑料薄膜平挤下垂吹塑生产线如图 2-35 所示。采用此种方法生产效率和制品的透明度都大幅提高。平挤下垂吹塑法不但冷却效果好,而且引模靠重力下垂进入牵引辊,比平挤上引吹塑法引膜方便,生产速度更快,产量更高。

(3) 生产工艺参数

1) 挤出温度。挤出温度一般为加料段 140 ~ 170℃,塑化段 170 ~ 190℃,均化段 190 ~ 210℃,机头连接段 210 ~ 220℃,机头口模出胶段 200 ~ 210℃。

2) 吹胀比。聚丙烯吹胀比一般比聚乙烯小,应控制在 1 ~ 2,最大不得超过 2.5。

3) 冷却水温度。应控制在 15 ~ 25℃ 为宜。水温上升,薄膜的透明度就会下降。而且当水温超过 30℃ 时,透明度会明显下降。这是因水温上升导致薄膜冷却缓慢,薄膜的结晶度提高从而降低透明度。冷却水温太低也不好,虽然透明度会提高,但手感发黏,薄膜的脆性增大。

4) 机头出胶口到水环的距离。一般为 250 ~ 300mm。冷却水环采用溢流式冷却套效果更好。冷却水套的内径与管膜直径相同,进出水流方向与挤出方向相反。

(4) 工艺操作要点

1) 可根据膜的用途决定是否采用电晕处理。

2) 多孔板前的过滤网一般用 80/100/100/80 四层。当挤出很薄的膜管时,中间过滤网目数应换成 120 目。

3) 采用下吹法成型聚丙烯薄膜时的口模间隙应控制在 0.8 ~ 1.2mm,且周边间隙应一

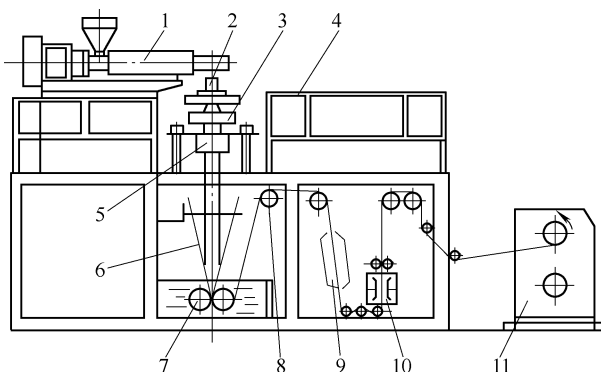


图 2-35 聚丙烯塑料薄膜平挤下垂吹塑生产线

1—挤出机 2—机头 3—风环 4—操作架
5—水套 6—人字板 7—牵引辊 8—导辊
9—烘箱 10—电晕处理器 11—卷取装置

致,以确保出料均衡。

4) 吹胀膜坯用的压缩空气压力应稳定,膜坯吹胀成膜泡的吹胀比应不超过2,牵引比应控制为2~3。

5) 膜泡冷却定型用的水环中的冷却水流量要均衡,水温要稳定,应控制为15~25℃。水温过高透明度会下降,水温过低又会发黏。

6) 食品包装膜的原料和辅料都要符合卫生标准。

(5) 生产设备 聚丙烯薄膜选用通用型单螺杆挤出机,螺杆结构可用等距渐变型或等距突变型,长径比 L/D 为20~25,压缩比应小于4,一般为3~4。成型模具结构与聚乙烯薄膜挤出吹塑模具结构相同,一般都选用螺旋式芯棒结构模具。如果用直径45mm挤出机,直角式螺旋进料机头,模具口模直径为60mm,口模间隙为0.6mm,定型段长为60mm,且应设置3个缓冲槽。

(6) 聚丙烯挤出吹塑薄膜生产中异常现象、产生原因及解决方法 (见表2-7)

表2-7 聚丙烯挤出吹塑薄膜生产中异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
薄膜出现皱褶	① 薄膜厚度不均,较薄处产生皱褶 ② 人字板张开角不适 ③ 人字板定心不准 ④ 冷却水量不足 ⑤ 辊面不平整,辊夹紧力不均	① 调整口模间隙,使膜厚薄均匀 ② 调整人字板 ③ 重新对中 ④ 加大水量 ⑤ 维修辊面,调节辊夹紧力使其均匀
薄膜厚度不均	① 口模间隙不均 ② 风环、水环和机头不同心 ③ 机头加热不均匀 ④ 冷却水量过大,水波动大 ⑤ 吹气量过大,膜管超出水环直径	① 调整间隙 ② 调整风环、水环与机头同心 ③ 检修机头及加热器 ④ 减少水量,稳定水面 ⑤ 减少吹气量
薄膜表面出现白斑或白道	① 冷却水环与膜接触不良 ② 水中或水环内壁有油脂 ③ 充气量小,膜管与水环接触不良 ④ 薄膜厚度不均匀 ⑤ 风环风量过大,引起水环水波动	① 调节水环中心及水平位置 ② 清洁水流及水环 ③ 增加充气量,使膜管接触水环 ④ 调节口模间隙 ⑤ 减少风量
透明度差	① 成型温度过低,塑化不好 ② 冷却水温度过高 ③ 冷却水量太小 ④ 不到水环处,膜已白化 ⑤ 牵引速度慢 ⑥ 牵引导向辊表面不光洁或粘料	① 提高成型温度 ② 降低冷却水温度 ③ 加大冷却水流量 ④ 减少风环吹风量 ⑤ 增加挤出量及牵引速度 ⑥ 清理辊表面粘料,并打磨抛光辊表面
膜表面有条纹	① 机头设计不合理,合料线未消除 ② 机头温度过高 ③ 机头口模有伤痕 ④ 口模处有残留物黏附 ⑤ 水环定径套、人字板面有伤痕	① 改进机头设计,加大压缩比 ② 降低机头温度 ③ 维修机头,打磨抛光 ④ 清除残留物 ⑤ 维修定径套、人字板面伤痕
薄膜开口性差	① 成型温度过高 ② 牵引辊压力过大 ③ 冷却水温过低 ④ 冷却水过量 ⑤ 风环风量太小 ⑥ 干燥温度过高	① 降低成型温度 ② 放松牵引辊 ③ 升高水温到20~25℃ ④ 减少冷却水量 ⑤ 增大风环风量 ⑥ 降低干燥温度

(续)

异常现象	产生原因	解决方法
薄膜纵向厚度误差大	① 螺杆工作转速不平稳,挤出不均 ② 膜泡冷却风量或水流量不稳定 ③ 牵引辊速度忽快忽慢速度不稳 ④ 过滤网杂质多,出料不稳定	① 调紧传动带并保持转速平稳 ② 调节风量、水流量使其稳定 ③ 调整牵引辊速度并使其稳定 ④ 清洗或调换过滤网
薄膜强度指标下降	① 料温偏低,塑化不均匀 ② 吹胀比与牵引比不协调 ③ 模温偏低,薄膜分子取向欠佳 ④ 冷却环水量过小或水温太高	① 提高塑化温度 ② 吹胀比稍高点,牵引比略低些 ③ 适当增加模温以降低薄膜分子取向 ④ 增加水量,降低水温
吹胀膜泡运行不稳定	① 生产车间气流强度大,有风 ② 冷却风环风量过大或风速不均 ③ 机头、风环和牵引辊安装不同心 ④ 熔料成膜温度偏高	① 调节车间气流量,防止外来风吹入 ② 调节风量大小并使风速均匀 ③ 调节三者同心 ④ 降低成膜温度

2.6 多层共挤流延膜挤出成型试模调机

多层共挤流延膜生产已从早期的2~3层发展到如今可普遍生产5~7层,它使得多层共挤流延膜的产品质量大幅提高,并增加和提高了一些特殊性能,如改善了薄膜后加工性能、提高了热封强度、降低了热封温度、降低了薄膜生产成本等,使薄膜兼备力学强度、耐热性、耐寒性、对气体和水蒸气的气密性、光泽、透明性、印刷性等性能。用单一塑料制成的薄膜不可能具备这么多性能,只有通过共挤出才能实现多种颜色、多种组分性能的结合。

HDPE耐热性好,拉伸强度高;但撕裂强度低,柔韧性差,低温时受小曲率半径曲折时容易破裂。中间层用LDPE可以改善HDPE这些缺点,同时LDPE的折叠性差也得到改善。用LDPE为中间层后的HDPE复合膜,撕裂强度不仅远远高于HDPE单层,而且较LDPE有更高的撕裂强度,复合膜的折叠性能也非常好。

目前国内生产的复合膜主要是3~5层,7~9层的复合膜还在发展中。三层共挤复合膜结构为表面层1/中间层/表面层2,两个表面层为同一种树脂是对称结构,两个表面层为不同树脂是非对称结构,如PP/EVA/PE、PE/粘结层/PA6复合膜。五层共挤薄膜的结构为表面层1/粘结层1/阻隔层/粘结层2/表面层2,其中心是阻气性好的材料,表面层1与表面层2为表层和热封性内层材料,一般为聚烯烃树脂,可以用同一种树脂,也可以用不同树脂。粘结层需根据表面层与中心层树脂品种选定。为了简化设备与原料,通常表面层用同一种树脂,粘结层也用同一种树脂,这样五层料就只有三种材料,只需要三台挤出机就可以生产五层共挤复合膜。

表面层树脂、粘结层和阻隔层树脂的选择都需根据制品和工艺要求确定。

常用复合膜材料的特性见表2-8和表2-9。

表2-8 表面层树脂特性

树脂名称	特 性
LDPE	高透明度,良好热封性,品种多,价格低,阻潮性好,可深度冷冻
LLDPE	高透明度,热封性,机械强度良好,阻潮性较差
MDPE	比LDPE刚性好,机械强度高,机加工性与阻潮性良好,个别不好加工
HDPE	高刚度,较挺括,高机械强度,阻潮性好,但透明度低
EVA	性能与LDPE相似,热封性更好,穿透性更高,对温度敏感
PP	高耐热性、高刚性、挺括,阻潮性好,化学稳定和共聚物热封性好
离子型聚合物	优秀的热封性(被油污染后热封性依然良好),抗穿透强度高,高透明度,与PA的粘性好,对机加工设备有腐蚀性

表 2-9 阻隔层树脂特性

树脂名称	特 性
PA66	透明度好,高机械强度,宜热成型加工,材料来源广泛,阻气性稍差
PA6	阻气性好,高机械强度,加工温度可达 270℃,耐油性好,耐高温(可达 200℃),但薄膜厚度均匀性差
PET	优秀的透明度,优良的阻气性,不适宜薄型产品,原料要选择好
PVDC	优良的阻气性能,优良的阻水蒸气性能,但材料热稳定性差,加工困难
EVOH	阻气性能好,透明度高,阻水蒸气性能较差,加工性好,但价格贵

作为粘合层树脂的粘接材料,应能在任何情况下将被粘的两种材料粘合在一起,并有很好的粘合强度,不会发生分层现象。粘接可以是高聚合物之间的自然粘接,也可以是特殊的粘接材料。

高聚合物之间的自然粘接,如 LDPE、HDPE、EVA、离子型聚合物、LLDPE 材料之间具有很好的粘合性,不需要采用粘合层;EVA 与 PP、离子型聚合物与 PP 和 PA 之间也具有自然的亲和粘接能力;其他树脂不具备粘合性,需要采用粘合层。粘合层厚度一般为 4 ~ 6 μm 。粘合层材料的品种有乙烯-丙烯酸类聚合物、离子型聚合物(乙烯有机酸金属盐类共聚物)、多功能乙烯类共聚物,这些材料都具有较好的粘合性。

(1) 生产设备 以五层共挤流延膜设备为例,机组包括原料输送与加料系统、挤出机、自动换网装置、可调式分流道装置、自动调节厚度机头、双冷辊流延装置、气刀、薄膜边缘定位装置、双腔真空吸气罩、自动卷取装置。五层共挤需要 3 ~ 5 台挤出机。各台挤出机在机头旁边呈星形排列,以缩短挤出机出口与机头入口之间的距离。每台挤出机都安装在各自轨道上,可前后移动,便于进入和退出工作位置,方便操作与维修。

根据各层薄膜宽度、厚度,可选用直径 45 ~ 150mm 挤出机。粘合层比较薄,一般选用直径为 45 ~ 65mm 挤出机,单螺杆结构根据原料选定。挤出 PUDC,螺杆 $L/D = 26$;挤出 EVOH、PA6、HDPE、LLDPE 和粘合材料,螺杆 $L/D = 28$;挤出低/中黏度聚烯烃 LDPE、PP,螺杆 $L/D = 33$ 。

自动换网装置为卷筒带式滤网,长约 10m,可不停机换网,连续工作可达三个月。

可调式分流道装置,设在多层共挤出机机头前,是使多层物料汇合的装置。各台挤出机熔融塑化的物料,经过滤网后进入可调式分流道装置,各层熔体按要求排列,叠加在一起,然后进入机头流道。分流道结构复杂,控制系统精密,是各制造厂的技术秘密。

多层共挤复合膜采用自动调节厚度机头,其机头结构主要为衣架式。从分流道装置汇流在一起的熔体料流,从矩形主流腔进入衣架式机头中心,分左、右两边逐渐扩展至整个机头幅宽,进入机头模唇稳定地流出。机头模唇间隙可通过热膨胀螺栓自动调节。薄膜总厚度由测厚装置测量,然后自动反馈到模唇自动调节系统,通过对热膨胀螺栓加热或冷却,从而改变模唇间隙。这种自动调厚装置具有寿命长、调节准确可靠、价格较便宜等优点,可保证薄膜总厚度公差较小(一般为 $\pm 2\%$)。

双冷辊流延装置由两个冷却辊组成,分别冷却复合薄膜的两个表面。第一个流延冷却辊较大,表面经特殊钝化处理,以保证不同性质薄膜表面都能顺利从冷却辊表面脱离。第二冷却辊直径较小。气刀的作用是将挤出的熔融膜吹向流延辊表面定位。双控真空吸气装置的作用与气刀相同,也是用来保证熔融薄膜与冷却流延辊的紧密接触。不同点是气刀对熔体膜产生压力,真空吸气罩对熔体膜产生吸力。这种吸引可将冷却辊表面运转夹带的空气吸走,从

而提高了对熔体膜的冷却效率。

五层共挤复合流延薄膜的结构为 PP/粘合剂/PA6/粘合剂/PP 共聚体。

① 挤出温度。各种树脂挤出温度可参照单层流延膜挤出温度。多层共挤膜关键是机头温度的控制。各层物料在机头处汇合重叠成一层料流,为了使各层物料界面处不产生严重的流速差异,应设法控制机头内各层物料的熔融黏度,使其比较接近(可通过控制各层物料进入机头的温度与剪切速率的办法,控制各层物料的熔体黏度)。多层共挤机头结构比较复杂,一般应比生产单层薄膜机头温度更高一些,可根据具体树脂结构决定。

② 五层薄膜的挤出温度。1 号挤出机挤出 PP 料温度为 $180 \sim 250^{\circ}\text{C}$, 2 号挤出机挤出 PA 料温度为 $200 \sim 260^{\circ}\text{C}$, 3 号挤出机挤出粘合剂温度为 $160 \sim 230^{\circ}\text{C}$, 机头连接器温度为 $240 \sim 260^{\circ}\text{C}$, 模唇温度为 $240 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 。

③ 冷却辊表面温度直接影响薄膜的透明度。冷却辊表面温度越高薄膜的浊度越大,透明度越差,所以冷却辊表面温度一般控制在 $18 \sim 20^{\circ}\text{C}$,且夏天需要用冷冻水冷却。对线速度较高的生产线,还必须配备冷冻水循环使用系统。

④ 对经机头挤出的熔融膜帘的定位操作,必须控制好气刀位置、气刀风速和真空度,使膜帘紧紧贴在流延膜冷却辊上,且位置要保持稳定,距冷却辊位置要尽量近,否则会产生薄膜厚度不均匀和表面条纹等质量缺陷。成膜区操作非常重要,是影响薄膜质量的关键部位。

(2) 熔体泵配置 多层共挤流延薄膜挤出生产线,每一组分的物料最好配备一台熔体泵,以获得更高精度等级的薄膜。每台熔体泵都单独由一台变频电动机或者硅整流电动机驱动,这样可以获得很高的转速精度。熔体泵的线形计量特性保证了可以把熔体进入机头的压力精度控制在 $\pm 1\%$, 流量精度控制在 $\pm 0.5\%$ 。熔体泵的输送能力根据挤出机的大小和产量来选择。熔体泵的工作原理如图 2-36 所示。

(3) 多层共挤流延膜机头 多层共挤流延薄膜的关键技术还是在共挤机头,机头主要有接套式和多流道式。

1) 接套式机头。如图 2-37 所示,接套式机头是在接套中将各组分熔体层化,以分层的形式进入机头成型至最后的宽度,每一组分的熔体分别进入沿膜宽扩展的流道,在模唇的上流区汇合。接套式机头价格较低,制造简单,操作容易,可以设计较多的层数,但是每单层的厚度偏差一般大于多流道式机头。两种机头(多流道式与接套式)还可以发展为四种形式,即多流道共挤出机头、接套式共挤出机头、多流道机头和接道式组合的共挤出机头以及带阻尼板的可调节接套式共挤出机头。

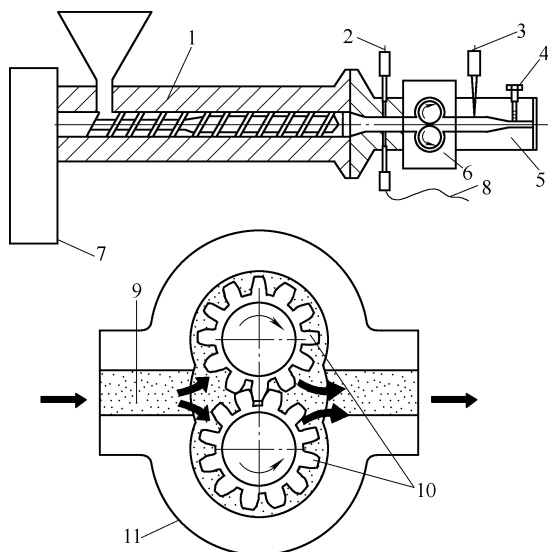


图 2-36 熔体泵的工作原理

- 1—挤出机 2、3—进口与出口压力记录仪
4—阀门 5—机头 6—齿轮泵 7—转动箱
8—进口压力控制系统 9—熔体
10—齿轮 11—泵体

2) 多流道共挤出机头。由数台挤出机挤出的熔体从一个拥有多流道的机头进料端分别流入设定宽度及厚度的分流道中,各层熔体在机头型腔内复合成型。采用这种方法可以选择流动性和熔点相差较大的塑料原料制取复合制品,如图2-38所示。但复合层数不能太多,否则共挤出机头会过于庞大。另一种方式是由数台挤出机挤出的熔体经喂料块分流道,通过其内设置的熔体流率比调节阀和厚度调节栓调节,然后汇合进入机头挤出成型。这种方法可以生产较多层数的复合薄膜,共挤出机头小而精密。其缺点是只有流动性和加工温度相近的塑料才能彼此复合,加工范围较窄。

3) 多流道机头和接套式组合的共挤出机头。专用于加工五层以上热敏性物料的共挤出机头,适合表层材料与基层材料相差较大的复合膜挤出。

4) 带阻尼板的可调节套式共挤出机头。可以改善各层料流在调节中容易产生的干扰现象[参照板(片)式机头设计]。

平膜法共挤出复合膜的净宽度可以达到1.2~3m,甚至4m。厚度为0.01~0.18mm,线速度为200~500m/min,复合层数可达1~7层。平膜法共挤出复合成型同时也是多层共挤出膜坯的主要生产方法。现在包装用塑料薄膜越来越多,应用非常广泛。

(4) 多层共挤流延薄膜生产中异常现象、产生原因和解决方法(见表2-10)

表2-10 多层共挤流延薄膜生产中的异常现象、产生原因和解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
复合膜总厚度不均匀	① 模唇间隙开度未调好	① 重新调节模唇开度
	② 模唇温度不均匀	② 重新调节模唇温度
	③ 测厚与反馈系统故障	③ 修理测厚反馈系统
	④ 热膨胀螺栓损坏	④ 更换热膨胀螺栓
	⑤ 气刀风量大小不均匀	⑤ 调节气刀唇间间隙
	⑥ 气刀风压大小不均匀	⑥ 修理鼓风机或更换刀口滤网

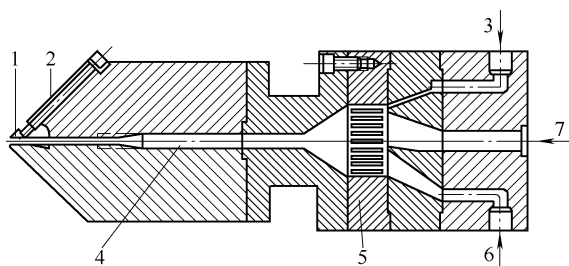


图2-37 接套式机头

1—可调模唇 2—压紧螺栓 3—表层材料
4—带限流器的流道 5—接套
6—里层材料 7—主层材料

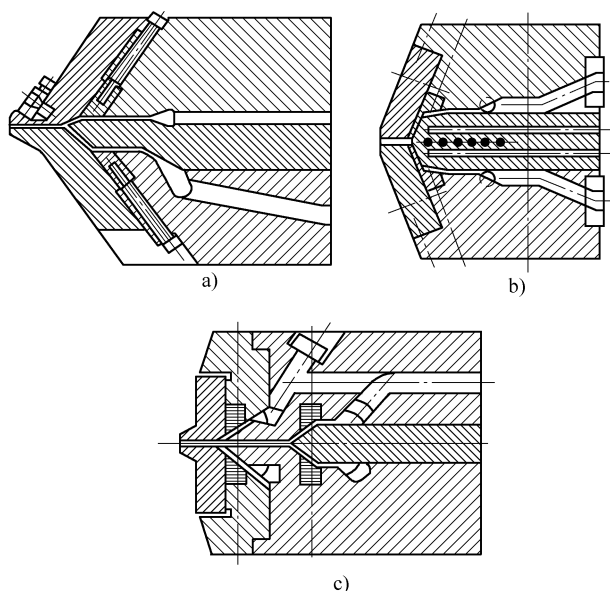


图2-38 多流道式共挤出机头

a) 两层共挤出 b) 口模带加热的两层共挤出
c) 两台挤出机的三层共挤出

(续)

异常现象	产生原因	解决方法
各单层膜厚度不符合标准	① 机头设计不合理 ② 原材料选择不当 ③ 该层挤出机转速不当 ④ 分流翼板位置不恰当 ⑤ 分布销调节不当	① 重新修改机头 ② 选用合适的原材料 ③ 调整挤出机转速 ④ 调节分流翼板位置 ⑤ 重新调节分布销
薄膜透明度差	① 流延冷却辊温度偏高 ② 第二冷却辊温度偏高 ③ 原材料选用不当 ④ 挤出温度偏低	① 降低流延冷却辊温度 ② 降低第二冷却辊温度 ③ 选用透明度好的原料 ④ 适当提高挤出温度
薄膜表面有条纹、波纹	① 冷却辊表面夹带空气 ② 气刀、气流速度不均匀 ③ 薄膜粘冷却辊	① 检修真空系统 ② 检修气刀、气流系统 ③ 冷却辊抛光镀铬
薄膜有鱼眼或凝胶	① 原料相对分子质量偏高 ② 螺杆设计不合理 ③ 机头设计不合理 ④ 螺杆转速太快	① 调换相对分子质量合适的原料 ② 增大螺杆的长径比或压缩比 ③ 修改机头流道 ④ 适当降低螺杆转速
薄膜复合不牢	① 粘合层原料选择不当 ② 挤出温度偏低	① 选用合适的粘合层原料 ② 适当提高挤出温度

第3章 管材机头设计与试模调机

3.1 管材挤出制品概述

(1) 管材挤出制品品种及用途 管材是挤出成型的重要产品之一，生产原料的品种有聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯、聚丁烯、聚酰胺、聚碳酸酯、聚砒、聚三氟氯乙烯、聚全氟丙烯、ABS 等，目前我国生产量较大的主要是 PP、PE、PVC 这几种材料的产品。塑料管材在我国应用广泛，而且市场潜力巨大。由于成本低、密度小、质量轻（相当于金属质量的 1/7 ~ 1/4）、耐腐蚀性好、电绝缘性好、价格低、安装施工方便等优点明显，代替铸铁管和钢管广泛应用于工农业生产、工程建设、日常生活各个领域。管子直径从不到一毫米到一米以上。管材主要用在输送液体与气体的饮用水管、建筑给排水管、医用管、农业排灌管、排污管、机械设备用管、输油管、输气管、燃气管、电线电缆护套管、代替钢材的工程结构管，在日常生活用品中，处处可见。

(2) 管材挤出开机前的准备工作

- 1) 开机前要全面检查所有设备上的螺栓、螺母是否松动，有松动的要拧紧，各运动部位是否加足润滑油，油箱的润滑油是否在规定范围内。
- 2) 检查料斗内是否清洁，有无杂物和砂粒、铁件等。
- 3) 检查开机用的原料质量是否合格，粒料大小是否均匀，料是否潮湿，需要干燥的料是否烘烤，料内有无杂质，料的牌号是否符合工艺要求，确认好后把合格料加入漏斗。部分塑料在生产前的干燥达标要求见表 3-1。

表 3-1 部分塑料在生产前的干燥达标要求

塑料名	干燥条件要求	要求含水量
聚氯乙烯	不烘	—
聚乙烯	不烘	—
聚丙烯	不烘	—
ABS	常压鼓风烘箱,80℃,4h	—
聚酰胺	沸腾干燥,常压鼓风烘箱,80~90℃,8~12h	0.3% 以下
聚碳酸酯	沸腾干燥,130℃,1.5h;常压鼓风烘箱,130℃,6h	0.03% 以下
聚碳酸酯-聚乙烯	常压鼓风烘箱,120~130℃,4~6h	0.05% 以下
氯化聚醚	不烘	—
聚砒	常压鼓风烘箱,140℃以上,3~4h	0.05% 以下
聚甲醛	常压鼓风烘箱,100℃,4h	—
聚苯醚	常压鼓风烘箱,130℃,4h 以上	0.1% 以下

- 4) 确认机筒内清洁、无异物卡堵螺杆后，安装过滤网、多孔板和成套试模的模具。
- 5) 模具安好后把芯模发热棒、模周边发热圈装好，连接好测温热电偶，并把口模间隙用调节螺栓调整好，使缝隙均匀。
- 6) 把定型模安装好，接通压缩空气、真空管、冷却水管。

7) 检查主机机头、定型模水槽、牵引机、收卷机或堆放台架是否在一条中心线上,并且中心高度一致,如达到要求则定位固定。

8) 开启电源,给机筒、机头加热,并按工艺要求设定各段温度值。待温度达到设定值时保持恒温 60min 左右,使内外温度一致,并稳定各部位温度后才允许开机。

9) 检查辅机,如牵引机、切断机等运转是否正常,有问题及时修复,启动润滑油泵加油,查看真空定型套安装是否到位,真空管接通情况。

10) 检查安全装置和报警装置是否完好,操作场地应无杂乱堆放,行走通畅,螺杆转动方向应正确,无油、水、气渗漏,电路应有接地保护,重要连接螺栓开机前应再拧紧一次。

11) 生产冷却水应用软水,不能用劣质水,最好配置冷冻水以提高生产量和产品质量。

12) 检查软管定长切断换盘或硬管定长切断堆放架是否灵活可靠,或喷墨印刷是否安装调试好。

(3) 管材挤出工艺参数 包括温度、压力、挤出速度、牵引速度等。

1) 温度。挤出成型温度是指塑料的熔体温度,实际就是机筒和螺杆的温度。热量主要来自机筒外的加热器。此外,螺杆在机筒内旋转,塑料在机筒中输送、混合、挤压、摩擦也会产生部分热量。对挤出成型温度进行控制时,加料段的温度不宜过高,而压缩段和均化段的温度可高些。在通常情况下,机头温度必须控制在塑料热分解温度以下,而口模处的温度可比机头体的温度稍低些,但一定要保证塑料熔体具有良好的流动性。注意在挤塑生产过程中,各种因素的微小变化都会使温度波动,所以要随时观察并调整到最佳温度值。

2) 压力。在挤出过程中,由于熔体的黏滞、螺杆槽深度的变化、过滤板和口模等的阻料作用,沿料流方向熔体内部会产生一定压力,这种压力能确保塑料熔体均匀密实。为减少压力的波动,应合理控制螺杆转速。如果压力波动不稳定,会造成管材局部不密实。密实度各段不均匀会引起管材弯曲变形,或者表面产生不平。

3) 挤出速度。在挤出机的结构和塑料品种及制品类型已确定的情况下,挤出速度只与螺杆转速有关,调整螺杆转速是控制挤出速度的主要措施。严格控制螺杆转速和挤出温度,可防止因温度与转速变化而引起挤出压力和熔体流动速度变化,从而造成出料波动。挤出速度直接影响塑料制品生产能力的高低。

4) 牵引速度。在牵引作用下会发生拉伸取向。拉伸取向程度越高,制品沿取向方向拉伸强度也越大,但冷却后长度收缩也大。通常情况下,牵引速度与挤出速度要相匹配,其比值略大于 1 为宜,也就是牵引速度略大于挤出速度。

几种常用塑料管材挤出成型工艺参数见表 3-2。

表 3-2 几种常用塑料管材的挤出成型工艺参数

工 艺 条 件		原 料 品 种					
		尼 龙 1010	聚全氟 乙 丙 烯	聚 乙 烯	ABS	聚 砜	聚 碳 酸 酯
机筒温度/℃	后	250 ~ 270	160 ~ 180	120 ~ 140	165 ~ 170	250 ~ 265	220 ~ 250
	中	—	260 ~ 280	—	—	300 ~ 325	—
	前	260 ~ 280	310 ~ 330	150 ~ 170	170 ~ 180	310 ~ 330	—
机头温度/℃	后	240 ~ 250	320	155 ~ 165	165 ~ 175	250 ~ 270	210 ~ 230
	前	210 ~ 230	320	155 ~ 165	165 ~ 175	250 ~ 270	200 ~ 220

(续)

工 艺 条 件	原 料 品 种					
	尼 龙 1010	聚全氟 乙 丙 烯	聚 乙 烯	ABS	聚 砜	聚 碳 酸 酯
口模温度/℃	200 ~ 210	310 ~ 320	150 ~ 160	155 ~ 165	260 ~ 270	200 ~ 210
螺杆形式	突变压缩	渐变压缩	渐变压缩	渐变压缩	渐变压缩	渐变压缩
螺杆转速/(r/min)	15	4.2	22	10.5	4.2	10.5
口模内径/mm	44.8	11	45	33	12.7	33
芯模外径/mm	38.5	5	25	26	10	26
口模平直部分长/mm	45	—	50	50	20	67
管材内径/mm	25	3	20	25.5	8	24
管材外径/mm	31.3	5.9	40	32.5	10	25.5
拉伸比	约 1.5	约 3.5	约 1.17	约 1.02	约 1.7	约 0.97
真空定型直径/mm	31.7	6	40.2	33	10.3	25.8
真空定型与口模间隙/mm	20	20	25	25	35	20
冷却水槽水温/℃	室温	室温	室温	室温	90	80

3.2 管材挤出成型设备

(1) 硬管生产线设备 硬管挤出成型设备主要有挤出机、机头、冷却真空定型套、真空水槽、牵引装置、切断装置、管材堆放架等。图 3-1 所示为硬质 PVC 管挤出成型设备以及生产工艺路线。

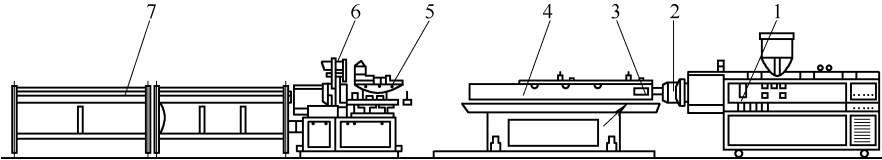


图 3-1 硬质 PVC 管挤出成型设备及生产工艺路线

1—挤出机 2—成型模具 3—冷却定型套 4—水槽 5—牵引机
6—切割机 7—管材储存输送装置

(2) 软管生产线设备 图 3-2 所示为垂直下水软质 PVC 管挤出成型设备及生产工艺路线，它由挤出机、机头、冷却水槽、牵引机、收卷机等组成。切割机可不配，卷满后用剪刀或刀片切断。

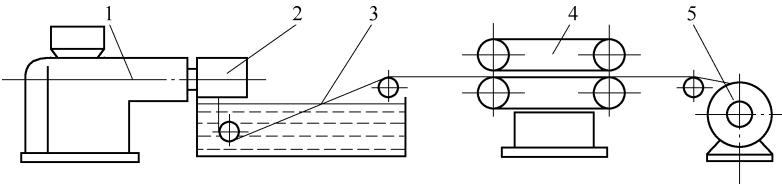


图 3-2 软质 PVC 管挤出成型设备及生产工艺路线

1—挤出机 2—软管成型模具 3—冷却水槽 4—牵引机 5—收卷机

软质塑料管生产线如图 3-3 所示。软质管的挤出可以水平挤出，也可垂直挤出。水平挤出有管坯下沉变形的可能，垂直挤出水冷却形状更稳定，所以小管、薄管可以水

平挤出，一般采用垂直挤出更好。图 3-3a 所示为水平挤出，用微量真空水冷定型。图 3-3b 所示为水平挤出不用真空定型，而只在机头芯棒处吹入适量高于大气压的空气并直接水冷。

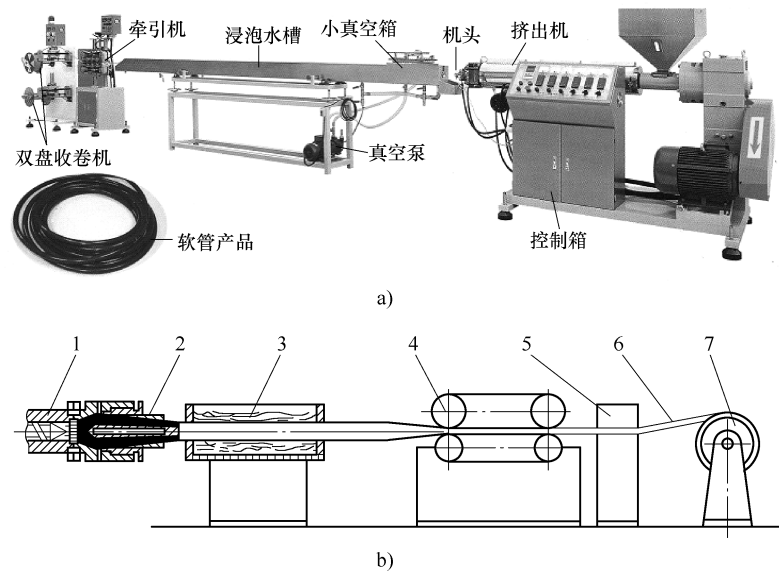


图 3-3 软质塑料管生产线

a) 软质管采用微量真空水冷定型生产线 b) 软质管直接水冷不用真空定型生产线
1—挤出机 2—机头 3—冷却装置 4—牵引装置 5—切割装置
6—塑料软管 7—卷取装置

3.2.1 管材挤出机

(1) 管材挤出机概述 塑料挤出机的选择是以实用性、先进性、可靠性、经济性、易操作性、可维护性、美观性及标准性八项为选择原则。而管材挤出机选择原则要从挤出需要量、生产效率要求、能源消耗量、机器寿命、可靠性、通用性和专用性等方面去考虑。

(2) 管材挤出机规格选择 在挤出机生产塑料管材时，一般管材直径应控制在螺杆直径的 30% ~ 130%，对于双螺杆挤出机，可控制在螺杆直径的 45% ~ 450%。表 3-3 为硬 PVC 管材直径与所配用的挤出机规格关系，表 3-4 为锥形双螺杆挤出机可生产管材的范围。

表 3-3 硬 PVC 管材直径与挤出机规格关系 (单位: mm)

管材直径	3 ~ 32	10 ~ 63	40 ~ 90	63 ~ 125
螺杆直径	30	45	65	90
管材直径	110 ~ 180	125 ~ 250	200 ~ 400	
螺杆直径	120	150	200	

表 3-4 锥形双螺杆挤出机可生产管材范围 (单位: mm)

管材直径	20 ~ 110	30 ~ 150	40 ~ 200	60 ~ 300
螺杆直径	45	55	65	80

从质量、效率及耗材角度考虑，管材与螺杆直径不宜相差过大，一般管材直径最大取螺

杆直径的3倍，若管壁薄可适当考虑生产直径大于螺杆直径3倍的管材。

挤出机的选择也可以用管材制品的横截面积与所选挤出机螺杆横截面积的比值选取。如PVC粒料为0.25~0.45，对PE、PP等流动性好的塑料可取0.35~0.40，对PVC-U流动性差的塑料，可取0.25~0.30。

(3) 管材挤出螺杆结构的基本参数

①螺杆的结构。对硬聚氯乙烯管，因其热稳定性差，对剪切敏感，黏度高而分解温度低，应选用等距不等深渐变型螺杆。

②螺杆长径比。为避免过长的螺杆使物料分解，长径比一般为15~20。但用粉料直接挤管生产时，只要工艺条件控制好，长螺杆可使原料塑化更好、制品密度更大，并能提高力学性能、外观质量和生产效率，这时螺杆长径比也可选用25。

③螺杆压缩比。若用硬聚氯乙烯料生产管材，粉料应选较大的压缩比，而粒料可选较小的压缩比。一般粉料压缩比取3~4为宜，粒料压缩比取2~3就可以了。

④螺杆头部结构。为防熔融料在螺杆头部滞留而过热分解，螺杆头部应选用尖端头，并与过滤网板、机头、流道腔共同考虑降低滞留可能性。

⑤螺杆转速与挤出量。螺杆转速、直径和机头挤出量与管材直径、壁厚、机头结构有关，几种规格的挤出机合适的挤出量见表3-5。

表 3-5 几种规格的挤出机合适的挤出量（螺杆转速 10~35r/min）

螺杆直径/mm	30	45	65	90	120	150	200
合适挤出量/(kg/h)	2~6	7~18	15~33	30~70	55~120	95~190	160~300

(4) 管材机头简介 挤出管口模的作用是使塑化的物料保持一定的塑化状态，并产生一定的压力使塑料成型为所需要的形状。其类型有直通式机头，适用于硬PVC、软PVC、PE、PA、PC等；直角式机头，适合用内径定型的PE、PP、PA等；筛孔板式机头，适用于PE、PP、PPR等塑料制品。机头结构由口模、芯棒、过滤板（多孔板）、分流器和分流器支架、机头体、调节螺栓、压盖等组成。机头技术参数包括压缩比、分流梭头部圆角半径及口模的过渡压缩角、拉伸比和口模定型段长度等。

3.2.2 管材挤出成型辅机

(1) 管材冷却定径套。它的作用是使管坯冷却降温，同时固定管坯的外径尺寸，修整管外表面粗糙度，下面是六种定径方式。

1) 内压定径套。定径套的内径尺寸应考虑膨胀效应、定型后的收缩因素及牵引力等对管材尺寸的影响，定径长度应根据管材壁厚、牵引速率而定，对管材直径小于35mm的定径套长度和内径可按表3-6选取。

内压法是指管内通入压缩空气，管外加冷却定型套，使管材外表面贴附在定径套内表面上而冷却定型的方法，其结构如图3-4所示。定径套固定在机头上，为减少加热的机头和用

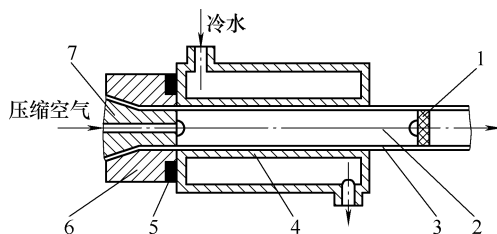


图 3-4 内压法定径装置

1—橡皮气塞 2—绳索 3—塑料管材 4—定径套
5—绝热垫圈 6—口模 7—芯模

表 3-6 管材外径 (D) 和定径套尺寸的关系

塑料品种	定径套内径/mm	定径套长度/mm
聚烯烃	$(1.02 \sim 1.04) D$	$10D$
聚氯乙烯	$(1.00 \sim 1.02) D$	$10D$

水冷却的定径套之间的热量传递损失，用绝热的聚四氟乙烯垫圈将口模与定径套端面隔离。压缩空气由芯棒中间孔流出，其压力控制在 0.02 ~ 0.05MPa。为保持管内压力稳定，在离定径套一定位置的管内，用橡皮制的气塞阻住压缩空气，防止管内漏气。橡皮气塞用相应长度的细钢筋钩挂在机头的芯轴上。刚开机时，压缩空气还在预热，芯棒温度较低，这会使管材内壁不光滑。定径套的内径要比管材外径大一些，大多少要根据管料的收缩率而定，一般 RPVC 管材收缩率为 0.7% ~ 1%。定径套的长度应保证管材在套内停滞期间冷却到玻璃化温度以下，以确保圆度。挤出速度越快，定径套应越长。定径套太短，管材离开定径套后会变形或被拉断；定径套太长，会造成阻力过大，牵引功率消耗大，其值随管径的增大而减少。为使管径外径表面光滑，定径套内表面应镀硬铬并抛光。

对管材外径 D 大于 40mm 的管子定径套，其定径套长度应小于 10D；而对于 D > 100mm 的管材，定径套长度为 (3 ~ 5) D。当 D > 40mm 时，定径套的内孔直径应比管材外径大 0.8% ~ 1.2%。必须注意计算后的定径套内径不得小于机头口模内径。

2) 真空定径套。图 3-5 所示的真空定径是指管外抽真空，使管材外表面吸附在定径套内壁而冷却定型外径尺寸的方法。RPVC 管可用这种定型方法。由于定型装置中不用阻住管内的压缩空气，无需气塞，操作相对简单。尤其是在管径较小，放置气塞难度大，或管径过大，气塞及固定气塞所用的钢丝绳索较重，操作很不方便的情况下，更应选择真空定径方式。对熔体状态时黏度较低、冷却后比较坚硬的结晶型材料，如 PE、PP、PA 等，最适合采用真空定型，实际生产中绝大多数都用真空定型。

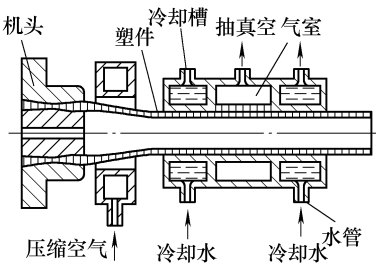


图 3-5 真空定径示意图

真空定径套在实际应用时与口模有 20 ~ 100mm 距离，这段距离要根据聚合材料不同、管材壁厚不同以及挤出操作条件的不同进行调节。这段距离实际上在空气中冷却并被拉伸，然后进入定型装置。这时定径套内径的选取主要考虑塑料管材定型后的收缩率波动。定径套内径应按下式进行计算

$$D_z = C_1 D + D$$

式中 D_z ——真空定径套内径 (mm)；
 D ——管材外径 (mm)；
 C_1 ——系数值，见表 3-7。

真空套前面有一个压缩空气套，是对管材预冷却的。一般不用压缩空气套冷却，而是在过渡空间通过空气直接冷却。部分冷却慢的塑料和壁厚制品用压缩空气套进行预冷，以防管坯进入真空套后黏附在定径套壁上。因为真空定径套不直接连在机头上，所以，真空定径套的长度一般大于其他定径套。由于坯件出口到真空定径套的距离可控制，所以对膨胀效应也可以有效地控制，不会在定径套内出现管壁堆叠现象。对于 D > 100mm 以上的管材，采用长度为 (4 ~ 6) D 的固定套。

表 3-7 系数 C_1 值

塑料品种	HPVC	PE	PP
C_1 (%)	0.7 ~ 1.0	2 ~ 4	2 ~ 5

3) 内径定径套。定径套外径应设计成锥形，其斜度为 0.6% ~ 1.0%，适用于直径大于 30mm 的管材。定径套长度依据管材壁厚和牵引速度而定，壁厚大的或挤出速度高的管材选用的定径套应长些，一般长度为 80 ~ 300mm。冷却芯模做成锥形，其锥度一般为 (0.8 ~ 1.0) : 100。定径套外径应比管材内径放大 2% ~ 4%，这样有利于内径尺寸公差的控制，可使挤出的管材内壁贴紧在定径套外壁上，而且可有效地降低表面粗糙度。

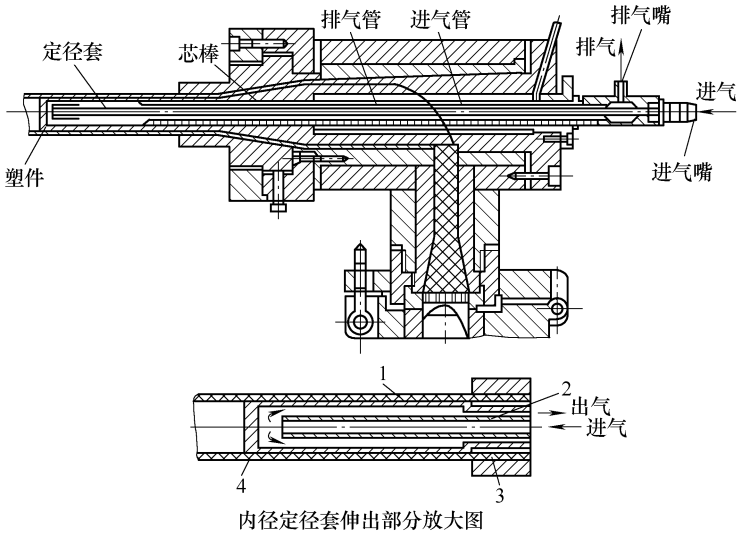


图 3-6 内径定型法

1—定径套 2—芯轴 3—口模 4—管子

管材定型后的收缩波动也在此范围内得到补偿。内径定型法如图 3-6 所示。

内径定型法特点如下。

- ① 结构复杂，需直角机头。
- ② 芯模受侧向压力，会产生偏心现象，使管材厚度不均匀，优点是熔合缝只有一条。
- ③ 管子内部应力分布均匀。

4) 喷淋真空水箱定径套。以 PP-R 管为例，此定径套在喷淋真空水箱内抽吸真空定型，定径套前端的斜度和管坯入模的拉伸斜度相适应。前面的冷水套是预冷套，可使管材充分冷却且表面硬化后再进入抽真空部位，防止进入抽真空位黏附。壁薄的管进口套可旋紧，不让水进入管外圆；厚壁的管可调一点间隙，形成明水膜。定径套结构如图 3-7 所示，由于真空定径套较长，前段已预冷，表层已初步硬化；后段真空槽宽，可用宽槽大真空定型；进口处真空槽较窄，是因为热的管材对真空度要求小。

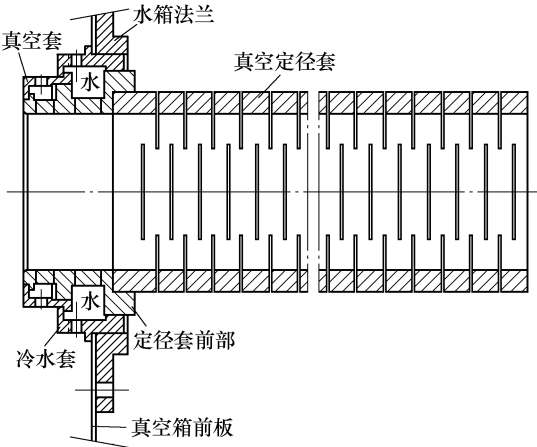


图 3-7 PP-R 管真空定径套结构

($\phi 110\text{mm} \times 18.5\text{mm}$)

真空槽的宽度根据管子壁厚而定，厚壁管真空槽宽些，真空槽的槽宽为 0.3 ~ 1.2mm。薄管和小管取 0.3 ~ 0.7mm，大管和厚壁管取 0.8 ~

1.2mm。一般真空度在0.02~0.08MPa，小直径管取0.02~0.04MPa，大直径管取0.05~0.08MPa。

定径套的作用是使管坯冷却降温，同时固定管坯的外径尺寸和整修管子的表面粗糙度。定径套的内径和长度可参考表3-8选取。定径套前端设计循环水道，这对壁厚管加速表面冷却非常必要。

表 3-8 定径套内径和长度

管材外径 D/mm	定径套内径 d/mm	定径套长度 L/mm
<40	聚烯烃(1.00~1.04) D	10 D
	聚氯乙烯(1.00~1.02) D	
>40~100	(1.008~1.012) D	<10 D
>100		(3~5) D

5) 软管真空定径冷却。TPU 气管、饮料吸管、SPVC 医用导管等都是半软半硬或软质管，它们要求圆度较好，不能像硬管那样贴壁真空定型。因为如贴壁软管摩擦力大，牵引困难甚至会被拉断。这类管需要的真空度小，真空泵功率也小，所以真空水槽也小。医用软管真空定径装置与机头结构如图3-8所示，真空套很短又不抽真空槽，而且定径套的内径要比实际管子外径大1~2mm，管子通过定径套有0.5~1mm间隙，管子在真空箱通过时用一定量的真空把管子吸圆就可以了。

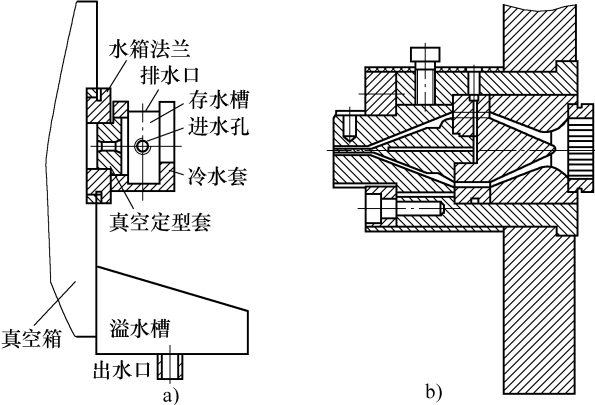


图 3-8 医用软管真空定径装置与机头结构
a) 真空定径装置 b) 机头结构

6) 软管吹气保持圆度。有些软管要求不是很高，可以不用真空定径，而从机头挤出后直接水冷却定型。但由于管子刚出模，管内温度高，会形成负压，为使软管保持一定的圆度，需保持与外面大气压平衡或稍高于外界气压。这时可采用向模内吹气，并用微调开关控制的方法。

(2) 管材冷却水槽 管材冷却装置一般都采用2~4段冷却水槽，水槽长约3m，管材外径在120mm以下时采用浸泡式水槽冷却。水槽内通入冷却水，整个水槽装置可沿着管材运行方向前后移动，这样方便成型机头的安装拆卸和对管坯壁厚的调节，通过拉开或靠拢机头的距离，达到对壁厚调节。外径在120mm以上时，由于管材在冷却水槽中浮力较大，易发生弯曲变形，所以一般采用喷淋水槽，以便减少管材内应力，获得圆度和直度更理想的管材。

1) 浸泡式水槽。如图3-9所示，水槽内设计若干个可调高低的压轮，把管坯压入水中浸没，一般适用于软管、软条类。

冷却水槽在使用过程中的注意事项

① 水槽中循环水的进水管应设置在出水端，进水、出水在同一端，也就是在末端。管材坯从定型套出来进入水槽前端，水槽前端温度高，后端温度低，这样可防止管材温度突然急剧下降对产品产生较大应力，影响管材质量。

② 注意调整水槽上的进出管中心线与机头模具中心线在同一条水平中心线上,以防止管材弯曲变形。

③ 停机生产时要把水槽的存水排干净,再开机生产时再重新放水。

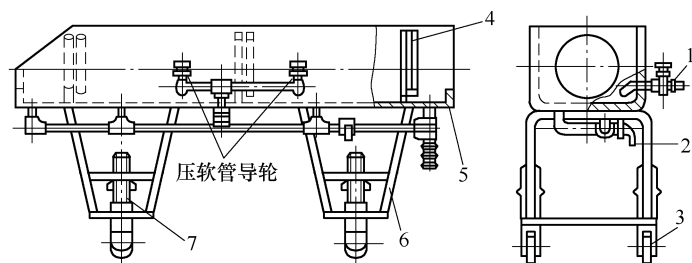


图 3-9 浸泡式水槽

1—进水管 2—排水管 3—轮子 4—隔板 5—槽体 6—支架 7—螺钉撑杆

2) 喷淋式真空水槽。如图 3-10 所示,喷淋式真空水槽是全封闭的箱体,管子从中通过,管材四周有均匀排布的 3~6 根喷淋水管,孔中射出的水流直接向管材喷洒,靠近真空定径套一端的喷水较密。由于水直接喷射到四周的管壁上,克服了水槽冷却时黏附在管壁上的水层减少热交换的缺点。该法适用于大口径的管材生产和厚壁管材的冷却定型。用钢化玻璃制作的箱体上盖可以打开,便于开机中引导管子前进,以及开机生产过程中观察喷射水状态,对喷水管维修更为方便。水槽的长度可视具体情况按工艺需要设计,有 3m、6m、9m、十几米甚至几十米。

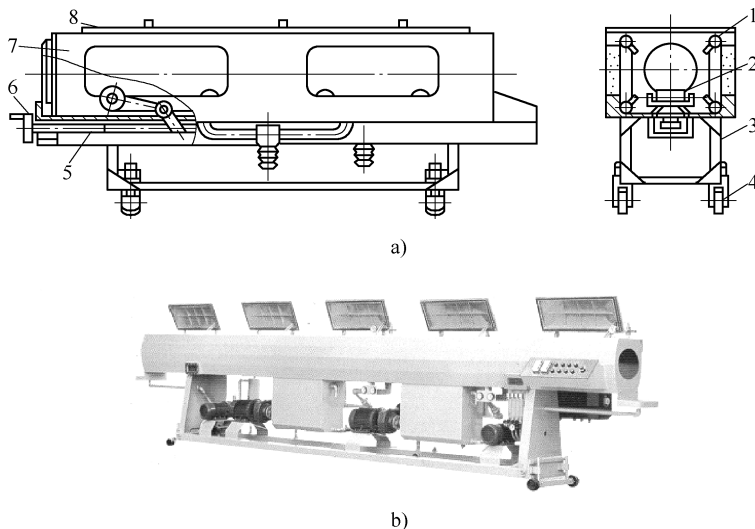


图 3-10 喷淋式水槽

a) 喷淋式水槽结构 b) 喷淋式水槽外观

1—喷水头 2—导轮 3—支架 4—轮子 5—导轮调整机构
6—手轮 7—箱体 8—箱盖

3) 喷雾式真空水槽。为了进一步提高冷却效率,人们设计了喷雾式水槽。其结构是在喷淋式水槽的基础上,把出水口改成喷雾头,通过压缩空气把水从喷雾头喷出,形成飘浮在空气中的水微粒。这些水微粒接触管子表面而受热蒸发,并带走大量热量,因此冷却效率大幅提高。同样道理,还可采用在密闭的水槽中抽真空的方法,通过产生的喷雾在低压下的汽化,使冷却效率更高。

4) 浸泡式真空水槽。这种水槽通常与真空法定型装置合为一起使用。为了保持对管材良好的吸附,定型管全部浸在水中。水槽前端是真空定径室,后端是水槽,用带有聚氨酯密封垫片的隔板隔开。水槽前端真空室为全封闭式,上盖用铰链连接,用钢化玻璃板制作。打

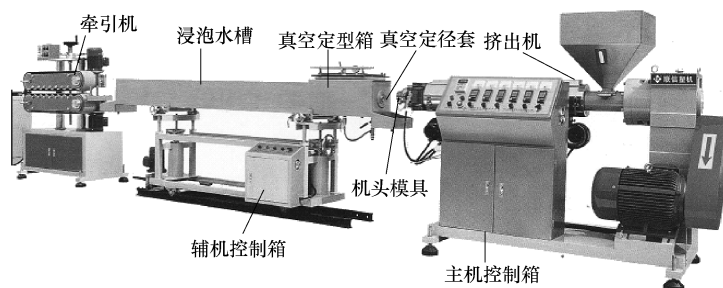


图 3-11 浸泡式真空定型生产线

开盖板可引导管坯通过定型套和真空室，且便于定径套装卸，在运行中还可通过透明玻璃板观察喷水冷却定型情况。浸泡式真空定型生产线如图 3-11 所示。可根据管材大小和厚度等工艺要求确定是单独制作一节还是把多节浸泡式真空箱串联起来。

上面几种水槽都是槽内通入冷却水，进水与排水用管子接通，整个水槽可沿管材运行中心线前后移动，方便成型机头的安装拆卸和对管子壁厚的操作调整。

水槽的功能主要是把由定型套挤出的成型管材浸入水中，进一步为管材降温冷却、固化定型。图 3-11 所示浸泡式水槽适用于 $\phi 120\text{mm}$ 以下的管材应用。图 3-10 所示喷淋式水槽适用于 $\phi 120\text{mm}$ 以上大管的生产应用。

5) 一箱二室喷淋真空水箱。图 3-12 所示一箱二室喷淋真空水箱适用于 $\phi 120\text{mm}$ 以上大管的生产。因管子大浸在水中浮力大，造成管材冷却不均匀、易弯曲，只有在管子圆周上同时喷冷却水，管子才能得到均匀冷却。

一箱二室的真空水箱，一般前面的真空室是定型用的高真空室，其长度较短，后面的是低真空室，其长度较长，且以喷水冷却为主。它们分别用真空泵控制。

(3) 管材生产牵引装置 牵引装置的作用是均匀将塑料制品引出，并调节制品壁厚。常用的有滚轮式、履带式、橡胶带式三种。牵引用无级调速，线速度一般为 $2 \sim 6\text{m/min}$ ，最高可达 20m/min 以上。

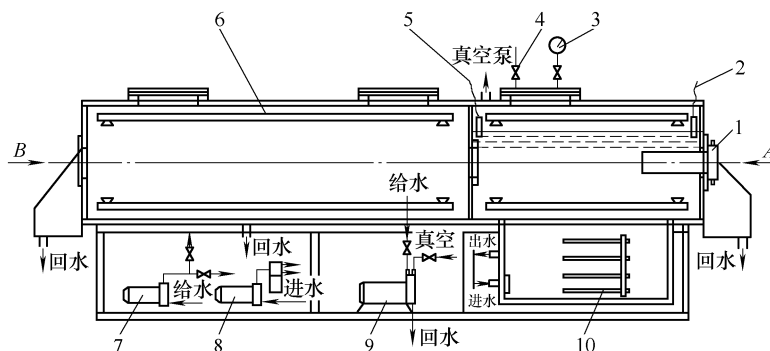


图 3-12 一箱二室喷淋真空水箱

1) 滚轮式。滚轮式牵引一般由 2~4 对

牵引滚轮组成，个别情况用一对滚轮组成。下面的轮子为主动轮，上面的轮子为从动轮，可上下调节，以适应不同直径的制品夹持。这种牵引装置结构比较简单，调节也方便，但由于是线接触，接触面积小，摩擦力小，形成的牵引力也小，不适合较大制品的牵引。滚轮式牵引装置如图 3-13 所示。

滚轮式牵引装置一般可牵引直径为 $\phi 30\text{mm}$ 以下的管材。为了增大接触面积，可根据管

材外径尺寸在牵引滚轮上下对应位置加工半圆凹槽。牵引速度要略大于挤出机机头的出胶速度,以达到平稳牵引管材。 $\phi 6\text{mm}$ 以下软管可用一对轮牵引,管径较大时轮的对数也应增加,但最多用四对。

2) 橡胶带式。橡胶带式牵引机配置 PL 型多楔带,带的外表面为芯层发泡平面带,内表面为多楔齿形,与多楔齿形传动轮咬合,不打滑,外表面松软压紧度好,如图 3-14 所示。

上下胶带的开度和牵引速度可任意调整,给机头挤出的坯件提供不同的牵引力和牵引速度,以均匀地引出坯件,并通过牵引速度调节制品的壁厚。一般情况下,牵引速度要略快于挤出速度。稍微有点拉伸,有利增大制品的纵向强度。如果牵引速度小于挤出速度,会使制品壁厚增大,甚至熔料在口模处堵塞堆积。牵引速度太快也不行,会造成制品壁减薄,并且由于纵向定向作用,反而使制品的强度大幅下降。

在胶带进口处有两根定位柱,宽度可调。它们对制品起导向作用,能把制品引向胶带中间。在胶带后面中间有升降丝杆,可调节两胶带的开合度。采用电动机无级变速,牵引速度可随时任意调节。

3) 履带式牵引装置。履带式牵引装置一般由两条、三条或六条履带组成,如图 3-15 所示。图中右边为两条、三条、六条履带夹管子的示意图,在履带上嵌有一定数量的橡胶块,且在橡胶表面上制成 V 形凹槽,以增加对管材或制品施加径向压力的面积。为了适应不同管径和制品压紧操作方便,履带间的距离和夹紧力可调节。由于履带与管材或异形材接触面积大,故牵引力也大,制品不变形、不容易打滑,用三条或六条履带对于薄壁和大口径管材的牵引有利。牵引装置的任何不规则的波动,都有可能使制品表面出现皱纹或其他缺陷。若牵引速率过快,管壁就太薄;若牵引速率太慢,管壁会增厚,甚至熔料会在口模处堆积。管材的牵引速率一般为 $0.5 \sim 4.5\text{m/min}$ 。牵引机的开合度和夹持力必须可调,以保持运行中的夹紧力恒定,不出现打滑、波动。

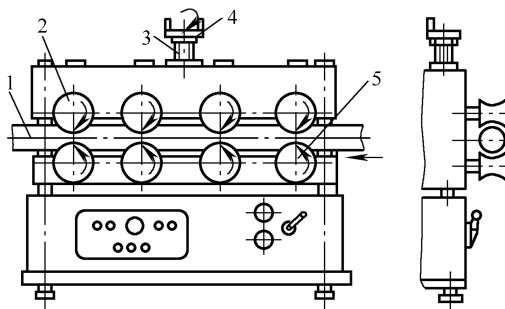


图 3-13 滚轮式牵引装置

1—管材 2—主动轮 3—调节杆 4—手轮 5—从动轮

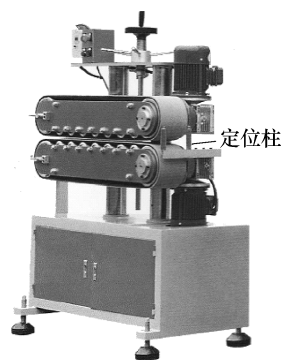


图 3-14 橡胶带式牵引机

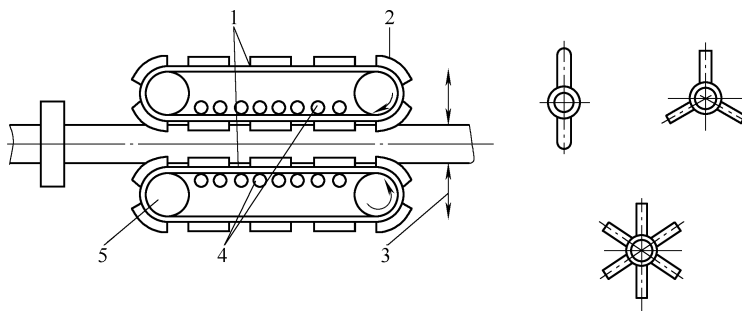


图 3-15 履带式牵引装置

1—履带 2—弹性软垫 3—管径调节 4—钢支承辊 5—带轮

4) 错位式橡胶带牵引机。如图 3-16 所示, 胶带短而宽, 上、下胶带都是单独电动机驱动, 都可任意转动角度, 也可升、降对中心高和调节开合度 (根据管材大小压紧)。由于可变换上、下胶带的错位角度, 上、下牵引轮能把管子牵引前行, 还能把管子搓转, 经牵引搓转后的管子可变成螺旋形花纹管。

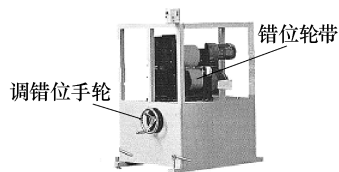


图 3-16 错位式橡胶带牵引机

(4) 切割装置 切割机的主要作用是将连续挤出的制品, 根据需要自动或半自动切割成一定的长度。产品要求端口切割整齐、平直、无毛刺。切割方式有以下四种。

1) 飞刀切割式。把一块小刀片装在小圆盘上或轴端上, 定长旋转, 飞刀式切断。它只适用于小制品切断。

2) 刀片式 (微电脑刀片式) 切断机。刀片式切断机的切断方式是用一块稍大的刀片纵向平行切断, 如图 3-17 所示。定长用电脑控制。一般切断小制品, 如饮料吸管、医用软管等。还有一种是上、下冲切式, 用气缸或机械偏心轮传动冲切, 这种方式一般用于软管和小硬管。

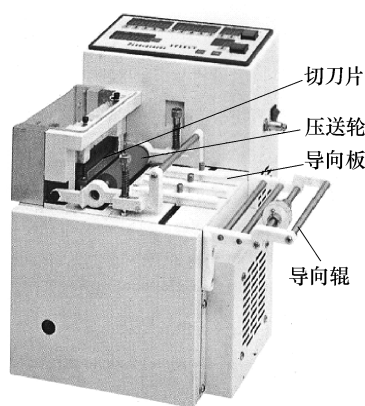


图 3-17 微电脑刀片式切断机

3) 圆锯片切断机。圆锯片切断机的切断方式是锯片从一侧切入, 沿径向向前推进, 直至完成锯切, 如图 3-18 所示。由于受锯片直径的限制 (管子或制品外形必须小于锯片半径), 这种锯切方式只能用于 $\phi 150$ 的管材或外形小于 150 的型材。通过气缸压紧或松开, 锯片可自动升降, 实现定长切断。切割机的刀具可用圆盘锯片或用圆形砂轮片, 锯片或砂轮由电动机和 V 带直接传动并高速旋转。当挤出向前运行的管材达到要求长度时, 切割机上的夹紧装置自动把管材夹紧, 锯片或砂轮即起动并切割管材。此时整个夹紧和切割机构随着管材前移的挤出牵引推力, 在切割机的轨道上一起同步向前滑动。当管材切断后, 锯片或砂轮停止旋转, 夹紧装置张开, 切断与夹紧机构沿原前进轨道退回原位, 准备下一次切断动作。此切断方式适用于 $\phi 150\text{mm}$ 以下的管材切断。有时也用薄砂轮片代替圆锯片进行切割。

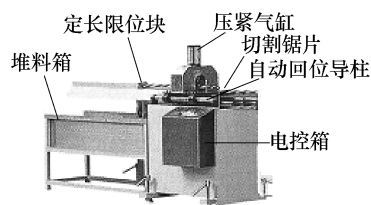


图 3-18 圆锯片切断机

4) 行星式自动切断机。如图 3-19 所示, 行星式自动切断机适用于大口径管材的切割。切割时, 可由一个或几个圆锯片同时自动锯切, 圆锯片不仅自转, 而且还可围绕管材旋转, 使管子圆周上均匀受到切割, 直至管壁完全切断为止。这种方式获得的断口一般比较平整, 有利于管与管件的连接。对于大一些的管子和厚壁的管子都是用行星式自动切断机。

5) 切割机使用过程的注意事项。

① 生产前要检查、校正、调整切割夹紧装置的管材中心线, 使它与牵引机上管材运行中心线在同一水平中心线上, 夹紧切割装置的运行轨道与管材运行中心线应平行。

② 每次切割开车前要检查各工作零件装夹是否牢固, 出现松动的螺栓、螺母要及时紧固。

③ 注意高速旋转的锯片不允许松动, 应经常调整 V 带的中心距, 防止皮带松动打滑。

(5) 卷取或堆放装置

1) 卷取装置。

又叫收卷机, 一般软管都要配置收卷机, 把挤出的合格产品成卷收存入库, 中间不得有接头。可安装长度计量器, 按长度切断成卷。为了换卷不停机, 最好选用双轮收卷机, 生产中可不停机变换收卷盘。每卷的长度为 100m 左右, 中间不得有接头, 硬管要整齐堆放。

图 3-20 所示为双轮收卷机, 换卷轮可不停机。卷轮上方设有排线导轮, 确保产品一圈圈一层层卷在轮子上不混乱。

2) 堆放装置。堆放架是堆硬管的钢架, 小管用锯片式切断, 大管用行星式自动切割机切割。要根据硬管长度设计堆放架。堆放要求整齐排列, 便于打捆。

(6) 扩口装置 4~6m 长的管子为便于连接, 必须在每根管子的一端进行扩口。管的扩口在专用的扩口机上进行。对于小硬管一般用接头、三通、四通、弯通来连接。对于大的管都是采用端部扩口后连接, 连接时插入扩口端, 在结合处用粘合剂把两根管子固定粘牢。管端扩口形式分为两种: 一种是平扩口, 另一种是把管端扩出带有能装密封胶圈的扩口。管端进行扩口时, 要先把管端用热风或电阻加热均匀, 使其达到扩口工艺要求的软化程度。然后按要求的扩口形状配置扩口模具, 扩口模具在气动或丝杆推动作用下向管端移动, 进入管端进行扩口, 最后通过风冷或水冷把管端冷却定型。扩口装置如图 3-21 所示。

(7) 塑料挤出硬管的辅机技术参数 (见表 3-9)

(8) 管材挤出生产线辅机的安装与调试

1) 辅机的安装校正。辅机和挤出机的安装要同时进行, 辅机中定径装置、冷却水槽、牵引机和切割机的中心线应与挤出机的螺杆中心线在一条直线上, 且水槽支承架滚轮用轨道要与此中心线对称。在浇灌设备地脚螺栓孔时, 要使各辅机的中心高与挤出机的中心高在同一水平线上, 待水泥干固后再仔细校正一次。牵引机和切割机可在设备上夹一根管子来测量调节中心高, 且与挤出机中心高一致, 校准后垫好斜铁块, 紧固好地脚螺栓。

2) 辅机调试。

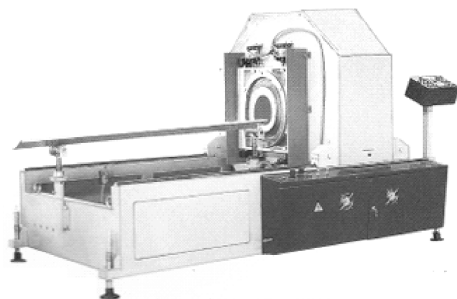


图 3-19 行星式自动切断机

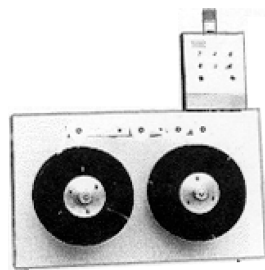


图 3-20 双轮收卷机

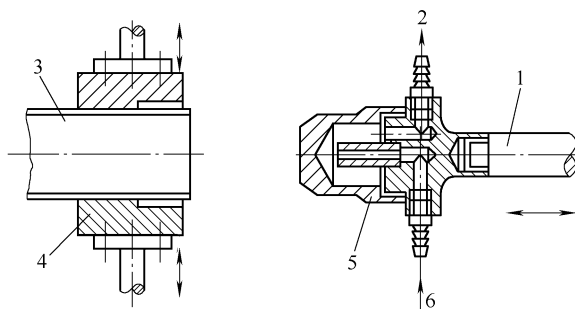


图 3-21 扩口装置

1—气缸活塞杆 2—冷却水出口 3—塑料管
4—夹管定型模具 5—扩口芯模 6—冷却水入口

表 3-9 塑料挤出硬管的辅机技术参数

适用最大管材外径/mm	65		125		400		
配套挤出机螺杆/mm	30	45	65	90	120	150	200
口模规格(直径)/mm	10 ~ 40	25 ~ 63	40 ~ 90	63 ~ 125	110 ~ 180	125 ~ 250	200 ~ 400
冷却方法	真空浸泡式		真空浸泡式		喷淋真空式		
冷却水槽长度/mm	3000	3000	4000	4000	4000 ~ 12000		
牵引速度/(m/min)	0.2 ~ 2	0.2 ~ 2	0.15 ~ 1.5	0.15 ~ 1.5	0.11 ~ 1		
牵引直径/mm	10 ~ 75	10 ~ 75	35 ~ 150	35 ~ 150	100 ~ 450		
驱动功率/kW	0.8	0.8	1.5	1.5	2.2		
切割方式	圆盘锯		圆盘锯		行星锯		
切割管径/mm	≤75	≤75	≤150	≤150	150 ~ 400		
切割驱动功率/kW	0.8	0.8	1.1	1.1	1.5		
辅机中心高/mm	1000	1000	1000	1000	1100		

① 开机前要认真阅读挤出机与辅机的使用说明书，验正各个辅机的中心线是否与挤出机螺杆中心线一致，安装是否牢固。

② 检查各电动机与减速箱中的润滑油量是否充足。

③ 检查各紧固螺母是否松动，安全防护罩是否牢固。

④ 用手扳动生产线各机的 V 带，查看传动件是否能灵活转动，有无卡紧现象。

⑤ 检查电动机是否有接地保护装置，接线是否牢固。其他安保设施是否能正常工作。

⑥ 牵引机轮带上、下调节是否灵活，对管材外圆的夹紧输送力是否均匀，切断机压轮（爪）是否灵活。

⑦ 开机试验。分别低速起动各电动机，观察挤出机螺杆、传动变速器、夹紧输送管装置的运行情况，听有无异常杂音，看电流、电压是否在额定范围内，各装置运行是否平稳。

⑧ 开车试运转正常后，进行调速试验，由低速调高再从高速调低，观察是否运行正常。

3) 开机试模生产。

① 在挤出机、机头加热升温并保持恒温相当一段时间，且达到工艺要求时，开始投料生产，牵引机、切断机、真空泵都合闸供电，并打开水开关向水槽和真空泵供水。

② 机头出料时观察出料情况。料坯出口模是弯曲的要调整口模间隙，直至成直线挤出为止。这时把管坯引进真空定径套，再穿过水槽引向牵引机。

③ 管材进入牵引机后，管材被夹紧运行。微调变速装置，使管坯挤出速度与牵引速度匹配。一般牵引速度要略大于挤出速度，这样可把管材微微拉伸，达到表面光滑、强度好、无横向皱纹。

④ 检查管材产品质量。如果管材直径合格，表面光滑、发亮、无横向皱纹，则说明牵引速度和牵引对管材的夹持力都合适，可正常试产。

⑤ 当管材端面碰到限位开关时，切割机的夹紧装置就会夹住管材。此时切割锯片转动，管材切割开始。整个切割装置随管材的运行推力同时沿轨道向前移动，直至管材被切断后，切割装置自动返回原位，等待第二次切割工作的开始。

(9) 管材生产线辅机设备完好要求

1) 冷却水槽的上下水畅通，喷头无阻塞，阀门开闭完好。

2) 真空系统完好，工作正常，真空度可控调。

3) 牵引机上、下履带调节灵活、平稳，牵引速度及牵引力达到工作要求，橡胶块齐全。

- 4) 计长装置准确可靠。
- 5) 切割装置往返自如, 气缸动作平稳, 锯口平整。
- 6) 变速箱无异常声响和振动, 调速平稳, 油量适中, 油品质合格, 油标醒目, 无漏油现象。
- 7) 气动系统不得漏气, 气动组件灵敏、可靠。
- 8) 安全防护罩齐全完好, 工作可靠。
- 9) 电器组件齐全、完好, 仪表指示器准确。
- 10) 电动机长期运行中温升不得超过电机铭牌规定值。
- 11) 工作零部件无严重腐蚀、磨损、残缺。
- 12) 设备外观整洁, 附件齐全。

3.3 管材机头设计

3.3.1 管材机头设计参数及要点

挤出管口模的作用是使塑化的物料保持一定的塑料状态, 并产生一定的压力使塑料成型为所需要的形状。其类型有直通式机头, 适用于硬 PVC、软 PVC、PE、PA、PC 等; 直角式机头, 适用于内径定型的 PE、PP、PA 等; 筛孔板式机头, 适用于 PE、PP、PPR 等塑料制品。

机头由口模、芯棒、过滤板(多孔板)、分流器和分流器支架、机头体、调节螺栓、压盖等组成。机头技术参数包括压缩比、分流梭头部圆角半径及口模的过渡压缩角、拉伸比和口模定型段长度等。

(1) 管材机头设计参数

- 1) 压缩比。即流道型腔内最大面积与口模环形缝隙截面之比。对低黏度物料可取 3 ~ 8, 高黏度物料可取 2 ~ 4。
- 2) 流道角。流道角的选取与物料特性有关, 对低黏度物料取 $30^{\circ} \sim 80^{\circ}$, 对高黏度物料尽量取 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 。
- 3) 分流梭头部圆角。分流梭头部圆角半径的尺寸一般小于 2.5mm, 过大会产生死区滞料, 料流阻力增大。
- 4) 压缩角。压缩角的大小直接影响管材的表面粗糙度, 压缩角过大管材明显出现表面粗糙, 压缩过渡段一般取 $(0.8 \sim 1.5)L$ 。压缩角的大小必须通过过渡段进行调整, 使压缩角在 $14^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 范围内。对高黏度物料, 其压缩角和过渡段都要取下限值。
- 5) 管材拉伸比。管材拉伸比是指口模定型段的环缝隙面积与管材实际截面积之比。几种常用硬、软管材拉伸比见表 3-10。

表 3-10 几种常用硬、软管材拉伸比

塑料种类	拉伸比	塑料种类	拉伸比	塑料种类	拉伸比
硬 PVC	1.0 ~ 1.3	ABS	1.0 ~ 1.1	LDPE	1.2 ~ 1.5
软 PVC	1.05 ~ 1.3	HDPE	1.0 ~ 1.3	PA	1.4 ~ 1.8

(2) 管材机头设计要点

- 1) 根据不同的管子品种和挤出材料性能特点, 确定机头结构。
- 2) 机头结构要紧凑合理, 选材适宜, 且耐磨、耐高温。

- 3) 应计算主要零件的强度和刚性, 防止热变形与压力变形。
- 4) 确定机头流道内物料流动压力, 一般要在 $5 \sim 25 \text{ MPa}$ 范围内选取。
- 5) 确定芯棒和口模的定型长度尺寸和直径大小, 平直定型长为 $(20 \sim 50) \times t$ (t 壁厚)。
- 6) 确定管子真空冷却套的内径和长度。定径套的内径比管子的实际外径应大 $2\% \sim 4\%$ 。定径套的长度是定径套内径的 $2 \sim 8$ 倍, 薄壁管尽量短, 厚壁管选大值。
- 7) 机头上的连接件必须和机筒连接法兰上的尺寸相符, 配合良好。
- 8) 大型机头要重新设计铰链板或支承架把机头托起不下垂, 并有移动支承可调重心支承点的支承架。
- 9) 在强度允许的条件下, 机头重量应尽量减轻, 外形尽量缩小。
- 10) 合理设计加热装置, 确保机头各部位加热均匀。
- 11) 机头内腔流道应呈流线型, 避免死角和物料停滞区。要求高的抛光后还要镀硬铬处理, 一般镀层厚度为 $0.02 \sim 0.04 \text{ mm}$ 。
- 12) 冷却真空定型套必须保障管材能充分冷却又能按尺寸标准定型。
- 13) 合理地设置阻流区和缓冲区, 使物料沿口模圆周各点流速一致。
- 14) 流道应具有足够的压缩比, 保证管子密实, 一般取压缩比为 $2 \sim 6$ 。
- 15) 管子机头出模后的拉伸比控制在 $1.05 \sim 1.5$, 聚乙烯拉伸比为 $1.1 \sim 1.5$, 尼龙的拉伸比可达 $1.4 \sim 1.7$, ABS 的拉伸比只有 $1.0 \sim 1.1$ 。
- 16) 分流锥体扩张角 α 为 $30^\circ \sim 60^\circ$, 压缩角为 $15^\circ \sim 50^\circ$ 。

3.3.2 管材机头结构设计

(1) 直通式硬管机头 机头物料挤出方向与机头方向一致, 是用得最多最普遍的机头。

具有结构简单、制造容易、成本低、料流阻力小等优点, 缺点是生产大点的管材芯棒加热困难, 一般在芯棒中心加装加热棒, 多占一处通气孔用于引出加热棒连接线。另外分流器支架上的筋会造成料流分接痕线, 影响管材强度。这类机头适用于加工

RPVC、SPVC、PA、PC、PE、PP 等普通管材, 其结构如图 3-22 所示。

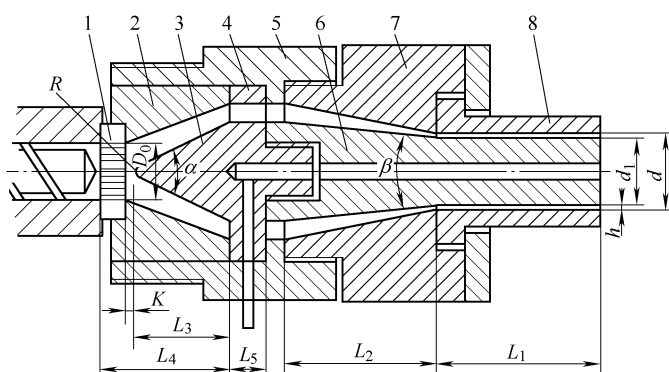


图 3-22 直通分流支架式管材机头

(2) 直角式软管机头

一般适于生产小型软管, 管子不需要真空定型, 管坯挤出后直接下水定型冷却。直角式软管挤出机头如图 3-23 所示。

(3) PVC 波纹管机头 波纹管是由挤出机头与两半边模块组合的两对循环同向等速运

行的装置定型。当管坯在定型模块闭合为直线时，从模内吹出的空气使管坯膨胀贴紧在带内波纹的模块中成型波纹。图3-24所示为PVC波纹管挤出机头结构，图3-25所示为波纹管成型原理。其具体工艺在3.4节中将详细介绍，这里不再论述。

(4) 筛孔式机头 这种机头既无分流器支架，又没有芯模，熔融塑料通过筛板上的小孔进入定型段，其结构如图3-26所示。这种机头特别适用于生产大口径管材与流动性能佳的聚烯烃类塑料管材，挤出的管材没有熔接痕和合流线，机头结构紧凑，体积小，料流稳定，容易控制流速均匀。值得注意的是，由于管材大，容易导致壁厚偏心。通常使口模与芯模正下方间隙比正上方间隙大10%~18%，以克服因管材自重引起的壁厚不均。

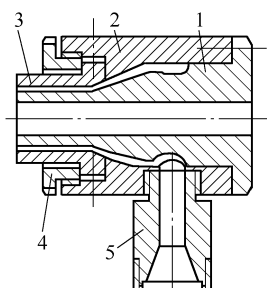


图 3-23 直角式软管挤出机头

1—芯模 2—机头体
3—口模 4—并紧帽 5—颈接

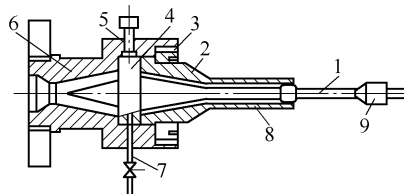


图 3-24 PVC波纹管挤出机头结构

1—气塞棒 2—口模 3—锁母 4—分流锥支架
5—调节螺钉 6—机头体 7—进气管
8—芯轴 9—芯棒

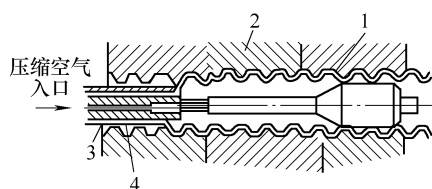


图 3-25 波纹管成型原理

1—波纹管 2—成型模具 3—口模 4—芯棒

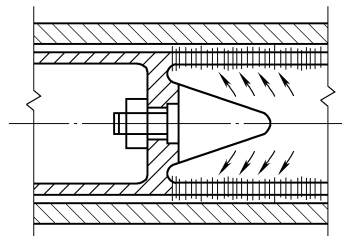


图 3-26 筛孔式机头

(5) 双层异形式机头 其挤出原理如图3-27所示，此种机头可用直通式结构，但采用筛孔式结构更好。其内外管间的连接筋，是在口模定型段外出口端打通汇合而成的。

3.3.3 管材机头主要零件设计参数

(1) 分流器结构及参数 分流器是挤出机的重要零件，其结构如图3-28所示。它将圆柱形料流分成均匀的圆环料流，并支承芯模。分流器顶尖到多孔板的距离一般为10~20mm，距离过长会使塑料停滞时间长容易分解，过小流速不稳定。

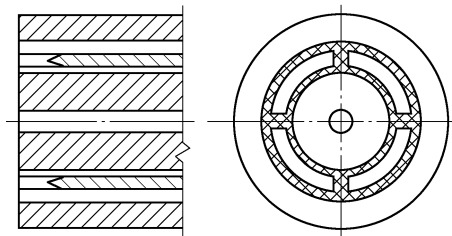


图 3-27 双层异形式机头

分流器的主要技术参数为：

1) 扩张角 α 。 α 的确定与物料黏度相关。 α 大，对物料阻力大，物料停留时间长易分解； α 小， L_4 过长物料也易分解，又使机头体积增大。一般低黏度物料 α 为 $60^\circ \sim 90^\circ$ ，高黏度物料 α 为 $30^\circ \sim 60^\circ$ 。

2) 锥体长 L_4 。一般取 $(1.5 \sim 3.5) D$ ， D 为螺杆直径。

3) 支承架长 L_3 。一般取 $0.5D$ ，但不得小于 20mm。

4) 分流体头部圆角半径 R 。通常 $R = 0.5 \sim 2\text{mm}$ 。支承筋常用 3~8 根。只要强度足够，分流体的筋数和宽度应尽量减少。每根筋要加工成流线型，如图 3-28 所示。

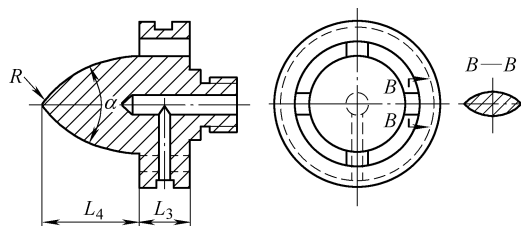


图 3-28 分流器结构

(2) 管材机头口模、芯棒主要技术参数 口模和芯棒是形成管材内外表面的部件，口模结构如图 3-29 所示，芯棒结构如图 3-30 所示。它们在机头内组装在一起构成环状缝隙。

口模、芯棒技术参数如下。

1) 机头压缩比。是指分流支架出口处的最小截面积与口模和芯棒之间的环形截面积之比。对低黏度物料，压缩比取 4~10，高黏度物料压缩比取 2.5~6。

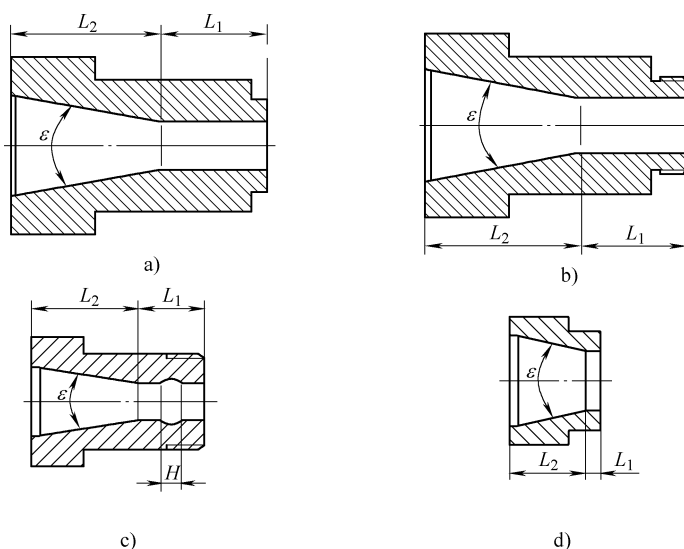


图 3-29 口模结构

a) 不带螺纹口模 b) 带螺纹口模 c) 定型段带缓冲区口模
d) 薄管短定型口模

2) 芯棒收缩角 β 。芯棒收缩角 β 直接影响管材的表面质量，芯棒收缩角 β 要比分流器的扩张角 α 小。 β 通常为 $15^\circ \sim 45^\circ$ ，取值时，随黏度的增加角度减小。

3) 管材机头芯棒压缩段长度 l_2 。一般取 $(0.8 \sim 1.5) D$ 。

4) 口模定型段长度 L_1 。口模定型段长度 L_1 ，应保证分支的料流完全汇合无接缝，又密实。口模定型段长度与产量、质量的关系见表 3-11。口模定型段长度、芯棒定型段长度与管子厚度的关系见表 3-12。

5) 口模压缩角 ε 与芯棒收缩角 β 大小相似，它们由支架环隙、口棒与芯棒环隙及压缩（收缩）段长度决定。

表 3-11 口模定型段长度与产量、质量的关系

口模定型段长度/mm	机头压力/MPa	产量/(kg/h)	质量
$2.4D$	100	100	产品严实
$1.5D$	79	135	较密实(接缝强度低)

注： D 为螺杆直径 (mm)。

表 3-12 口模定型段长度、芯棒定型段长度与几种材料管子厚度 t 的关系

材料	RPVC	SPVC	PP	PE	PA
参数					
口模定型段长度 L_1	$(18 \sim 33)t$	$(15 \sim 25)t$	$(14 \sim 22)t$	$(14 \sim 22)t$	$(13 \sim 23)t$
芯棒定型段长度 l_1	$L_1 + (3 \sim 5) \text{ mm}$				

6) 管材机头的拉伸比。口模和芯棒的间隙的截面积与塑料管材的实际截面积之比称为拉伸比。实践证明拉伸比一般大于 1，也就是口模尺寸要大于管材直径。通过一定的拉伸可以降低表面粗糙度，提高管材强度。几种塑料管材的拉伸比见表 3-13。

表 3-13 几种塑料管材的拉伸比

塑料材料种类	拉伸比	塑料材料种类	拉伸比
硬聚氯乙烯 (RPVC)	1.0 ~ 1.08	聚丙烯 (PP)	1.10 ~ 1.30
普通聚氯乙烯 (SPVC)	1.10 ~ 1.35	聚酰胺 (PA)	1.40 ~ 3.00
低密度聚乙烯 (LDPE)	1.20 ~ 1.50	丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物 (ABS)	1.00 ~ 1.10
高密度聚乙烯 (HDPE)	1.10 ~ 1.20		

7) 管材机头口模内径和芯棒外径的确定。口模内径 d_1 主要取决于物料离模膨胀和经定型套后收缩的特性，可由下式计算

$$d_1 = D\alpha$$

式中 D ——管材外径；
 α ——系数，取决塑料种类；对 PVC， $\alpha = 1.01 \sim 1.06$ ；对 PE， $\alpha = 1.20 \sim 1.30$ ；对 PA， $\alpha = 1.05 \sim 1.10$ 。

芯模外径 d_2 可由经验公式计算

$$d_2 = d_1 - 2t/p$$

式中 t ——管材壁厚；
 p ——系数，取 $1.16 \sim 1.20$ 。

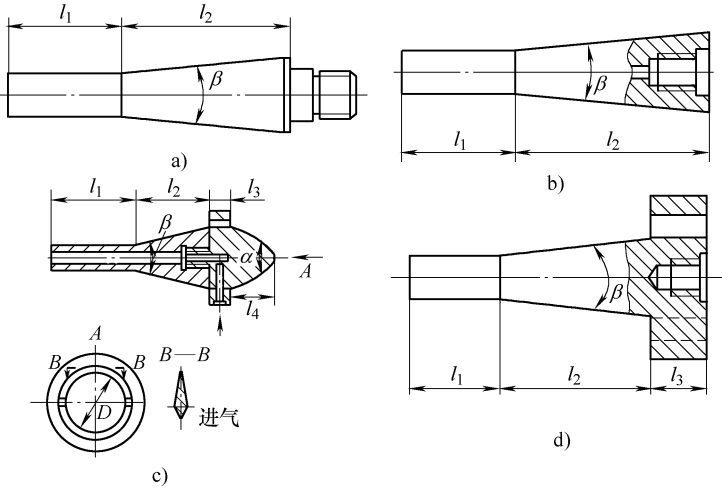


图 3-30 芯棒结构

- a) 带外螺纹芯棒 b) 带内螺纹芯棒
c) 带分流锥的芯棒 d) 带支架的芯棒

3.3.4 管材机头在使用中损坏原因

- 1) 机头设计制造选材不当。材料质量性能无法满足在高温高压下的工作环境，引起变形、磨损，因材料不耐腐遇有腐蚀性塑料，型腔流道产生麻点、麻坑。
- 2) 机头组装或拆卸不当，机头型腔面或贴合平面出现撞击、划伤、敲打痕迹，造成机头无法生产，并引起漏胶。
- 3) 机头分流锥角设计过大，料流阻力大，机头分流支架承受不住过大的压力，引起分流支架筋断裂，机头停止工作。

4) 机头模具零件调质、淬火不到位,或根本没有热处理,表面硬度低、不耐磨,造成口模、芯棒严重变形、磨损,塑料制品表面粗糙无光泽,外形尺寸也因口模、芯棒、定型模变形发生改变,使产品不合格。

5) 模具保管存放不当,存放前没涂防锈油,模具进出胶口没封严密,造成生锈、灰渣进入型腔,以及在模具上压重物引起模具变形。

6) 机头组装过程中,螺栓紧固方法错误(不是成对压紧)模块未能压平、压实,或个别螺钉压紧过度把螺栓扭断、丝扣扭伤引起漏胶。螺栓在调节时要先松管壁偏薄的一边,再紧管壁偏厚的一边的,对边螺栓未松前不能强行拧紧螺栓。

7) 口模和型腔流道面在刮残胶时必须用软铜、竹片,不能用钢片。防止刮伤流道表面,造成制品表面产生条纹。

3.4 塑料波纹管挤出成型试模调机

塑料波纹管柔性好、质量轻、易于弯曲、耐压力,适用于电线套管、电器绝缘管、地面排水管和污水管,洗衣机的排水管、吸尘器的软管等都采用塑料波纹管。

常用塑料波纹管的原材料有聚乙烯、聚氯乙烯、聚丙烯和 ABS 等。波纹管从形式上可分为单壁波纹管和双层壁波纹管。单壁波纹管的缺点是管内外都有凹凸,阻碍流体的流动,在流体内压作用下有伸缩。而双层壁波纹管的内表面平滑,对流体没有阻力,在外压作用下的扁平化强度大,在流体压力下的伸缩较小,如内壁采用软质材料还可解决挠性问题。

聚氯乙烯波纹管是应用最多的品种,它是以聚氯乙烯为主要原料,经挤出后再吹塑而成。聚氯乙烯波纹管由于其环形槽的结构,可兼具硬聚氯乙烯管的刚性和软聚氯乙烯管的柔性,使管材具有刚中带柔的特性,从而代替传统的钢管和塑料硬管,用于输送液体和气体以及作为预埋电线的套管,应用非常广泛。

3.4.1 PVC 单壁波纹管挤出成型试模调机

(1) **PVC 单壁波纹管概述** 单壁波纹管是一种内外均为波纹形的塑料管,管壁较薄,常用作要求能自由弯曲而强度要求不高的排水管、排气管、穿电线用管。图 3-31 所示为单壁波纹管产品外形。

(2) **原料与配方(质量份)** 聚氯乙烯树脂(PVC SG5), 100; 三碱式硫酸铅(3PbO), 2; 二碱式亚磷酸铅(2PbO), 1.5; 硬脂酸铅(PbSt), 1.5; 硬脂酸(HSt), 1.5; 硬脂酸钡(BaSt), 1; 丙烯酸树脂(ACR201), 2; 碳酸钙(CaCO_3), 3。

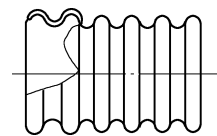


图 3-31 单壁波纹管

(3) **工艺流程** 物料配置→加料→挤出机熔融塑化→成型管坯→吹塑波纹管成型→冷却→卷取→切割→波纹管入库。

(4) 生产设备

1) 挤出机。一般采用等距不等深、长径比为 20~25 简便性通用单螺杆挤出机。螺杆转速控制在 30~60r/min。若用粉状 PVC 直接成型应选用平行异向或锥形双螺杆挤出机。

2) 挤出机头。图 3-32 所示为波纹管挤出机头,它由机头体、调节螺钉、分流锥支架、锁母、口模、气塞棒、芯棒、芯轴、进气管等组成。接长的芯棒轴伸入成型模内,管坯由机

头伸出的芯棒支承,管坯内孔被伸出的气塞棒堵住,压缩空气从口模芯棒吹出。由于坯管前端堵塞,压缩空气在气塞棒段把坯管吹大,管坯在带内波纹的模块中成型为波纹管。图3-33所示为波纹管口模与气塞棒插入定型原理。必须注意的是挤出模的伸出气塞棒和堵气塞必须在成型模块的中心线上,不得偏离中心,而且口模伸入定型模块段的长度必须大于一块成型模块的距离,以保证上下模块闭合后再成型制品,且上下成型模的环形槽必须对正不能错位。

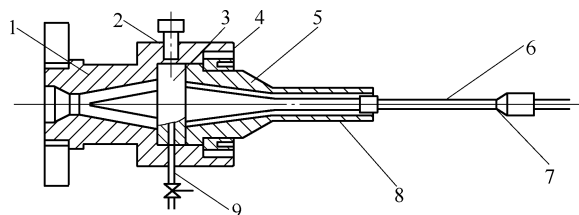


图 3-32 聚氯乙烯波纹管挤出机头

1—机头体 2—调节螺钉 3—分流锥支架 4—锁母 5—口模
6—气塞棒 7—芯棒 8—芯轴 9—进气管

3) 波纹管成型装置。波纹管成型装置由成型模具、传动系统和控制系统组成。成型模具由数十对上下对开的连续吹塑模组成,上下模采用履带式分别固定在两传动带上。当传动系统带动模具转动时,上下模具重复进行闭合—打开动作。成型模具闭合构成圆形管子的成型腔;模具打开,制品脱模。由于波纹成型装置同时还有牵引作用,所以成型装置的速度要稳定,且应无级调速。成型波纹管的运行线速度一般控制在 $10\text{m}/\text{min}$ 以内,不能太快。吹胀管坯用的空气压力为 0.02MPa 左右,吹塑压力应保证管坯完全吹塑到与对合的定型模内壁贴合,且达到波纹形状完整无缺。成型模温度为 50°C 左右,通常采用水喷淋或吹冷风控制。当波纹管连接处的直线段不需要波纹时,可根据长度需要在成对的半圆块上不加工波纹,而是制成平直半圆形,半圆大小根据接头直径而定。图3-34所示为波纹管成型模具运行示意图,成型波纹管时成对半边模块闭、开连续运行。

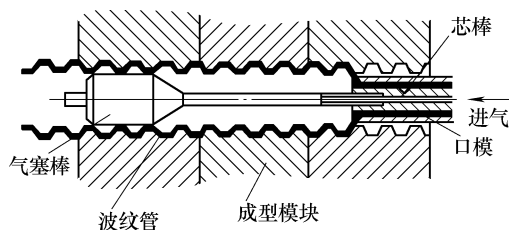


图 3-33 波纹管口模与气塞棒插入定型原理

4) 收卷切断。按常规软管收卷机和切断方法配置设备。

(5) 单壁波纹管温度控制

1) 机筒温度。机筒各段温度依次为加料段 $130 \sim 150^\circ\text{C}$, 塑化段 $150 \sim 170^\circ\text{C}$, 均化段 $170 \sim 185^\circ\text{C}$ 。

2) 机头温度。机头温度为 $170 \sim 180^\circ\text{C}$ 。

3) 成型模具温度。成型模具温度为 50°C 。

以上是应用比较普遍的生产方式,虽然成型定型模复杂,但质量稳定可靠。还有一种模具较简单,但操作工艺较复杂。

图3-35所示为单壁内外波纹管机头结构,它冷却定型系统结构复杂,加工精度要求高。因为波纹模13中的真空室是转动的,而与之相连的定径套6不转动。这就要求定径套6和波纹模13的外壁光滑,密封圈12须选择耐磨的弹性材料制造。波纹模13的旋转是由外加

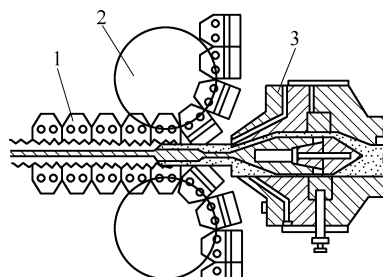


图 3-34 波纹管成型模具运行示意图

1—成型波纹模块 2—传动链轮
3—波纹管坯成型模具

动力实现的，其转速与管材的牵引速度应同步，这样工艺要求就更高，生产出的单壁波纹管呈螺旋形。

3.4.2 PVC 双壁波纹管挤出成型试模调机

(1) 双壁波纹管概述 图 3-36 所示为双壁波纹管，这种波纹管的外圆为波纹形，内管为光滑平整面的普通直管，由两层管壁熔合成双壁波纹管。

双壁波纹管与单壁波纹管相比，它的工作强度和刚度远高于单壁波纹管，又由于它的内管壁是光滑平整面，所以输送液体的阻力小，不会有杂质和悬浮物沉积在管底。但因有一层内壁管，它的弯曲性能比单壁管要差。为改善弯曲性能，内层管常用比外层管更软的原料。

双壁波纹管主要用于输送液体时对强度、刚度有要求的井管、农田水利灌溉管、建筑工程用管、污水管和电缆套管等。

(2) 原料配方 (质量份) PVC SG5 型树脂，100；稳定剂 (3PbO 和 2PbO)，5~7；润滑剂 (CPE)，2~3；抗冲击剂 (丙烯酸树脂 ACR)，7~12；填料 (碳酸钙)，8~12；加工助剂，适量。

生产双壁波纹管的常用塑料为 PVC-U，有时也用 PE。

(3) 生产设备

1) 挤出机。由于双壁波纹管用料量大，可用双螺杆挤出机 (平行或锥形双螺杆挤出机)。

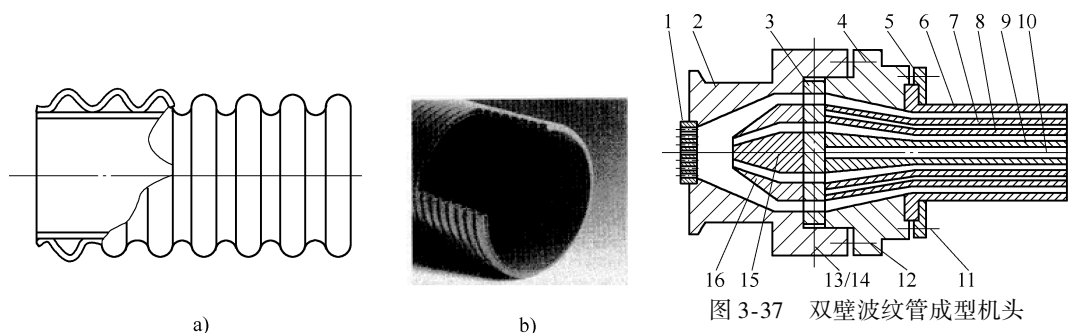


图 3-36 双壁波纹管

a) 双壁波纹管结构 b) PVC-U 双壁波纹管

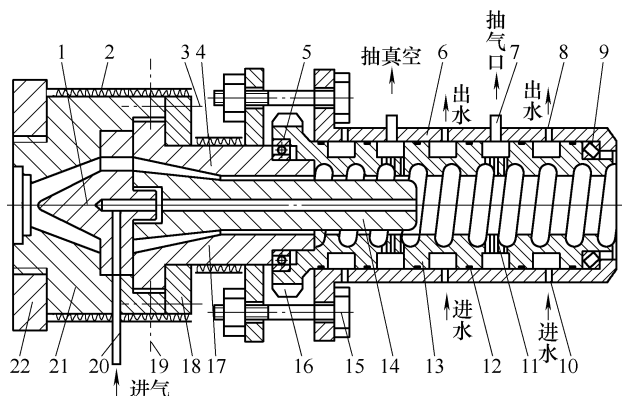


图 3-35 单壁内外波纹管机头结构

1—分流器 2—加热圈 3—固定螺钉 4—口模 5—深沟球轴承
6—定径套 7—抽气口 8—出水口 9—圆锥滚柱轴承 10—进水口
11—抽真空孔 12—密封圈 13—波纹模 14—芯模 15—螺栓
16—传动齿轮 17—热电偶 18—压环 19—调节螺钉 20—进气杆
21—机头体 22—机头法兰

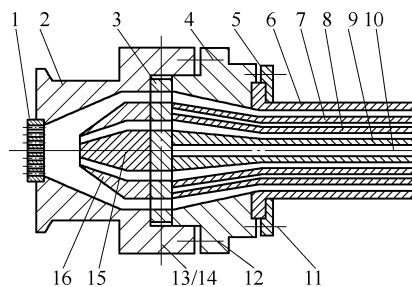


图 3-37 双壁波纹管成型机头

1—滤网 2—机头体 3—分流器支架 4—锥体
5—压盖 6—外口模 7—外芯模 8—内口模
9—内芯模 10—加热器 11,12—紧固螺钉
13,14—水嘴、气嘴、调节螺杆
15—内分流体 16—外分流体

2) 挤出机头。双壁波纹管成型机头如图 3-37 所示, 机头成型管坯的平直段较长, 有两个熔料分流锥和两层熔料流道型腔, 这两层熔料流道型腔内的熔料分别成型双壁波纹管的内外层管壁。内外熔料流道型腔中间还有一个压缩空气流道, 可使从这里进入的压缩空气吹胀外层管壁, 使其贴紧波纹成型模具而形成管的外波纹形。内层芯棒的中心孔不仅能放置加热棒加温, 同时也可以通入压缩空气和通水冷却。

也可以按图 3-38a 所示用一台挤出机分流两层, 外层抽真空定型外波纹形, 内层用水冷却心轴定型内管。图 3-38b 是两台挤出机分别挤出内管和外管, 外管真空定型波纹状, 内管水冷定型平直管。冷却心轴的出口端稍小, 这样可使平直段全长有一些锥度易被拉出。

3) 双壁波纹管成型机。由于双壁波纹管都是大中型管, 所以定型模块通常是立式布置, 即两组定型模块成上下布置。成型模块是履带式结构, 一块紧挨一块排列在履带上。大约每个品种要配置模块 40 对左右, 更换产品时成型模块也要全部更换。

4) 双壁波纹管的扩孔。双壁波纹管是用承口连接的, 管材下线后, 还要在扩孔机上进行二次加工, 扩孔的同时还要保留外壁波纹 (见图 3-39a), 所以承口的刚性要好。为了进一步增强接口强度, 常在承口外壁缠绕玻璃纤维并涂覆环氧树脂, 或者用电容带包覆。也可以用玻璃钢制成连接套连接, 这样双壁波纹管就不用扩孔, 直接插入连接套, 和承插式接口一样封口密封, 防止漏水。图 3-39b 所示为单壁承口的外套加强板, 用以增加承口部位的强度。用连接套连接比较简单, 连接套两边都是插口, 波纹管前端放密封圈, 插到位后外端口用环氧树脂胶封口。如果扩口技术不过关, 建议用连接套的方式。图 3-39c 所示为连接套式连接, 在波纹管前端外圆加装密封圈后插入连接套, 插牢后在后端空隙部分用环氧树脂胶封固, 这样连接口

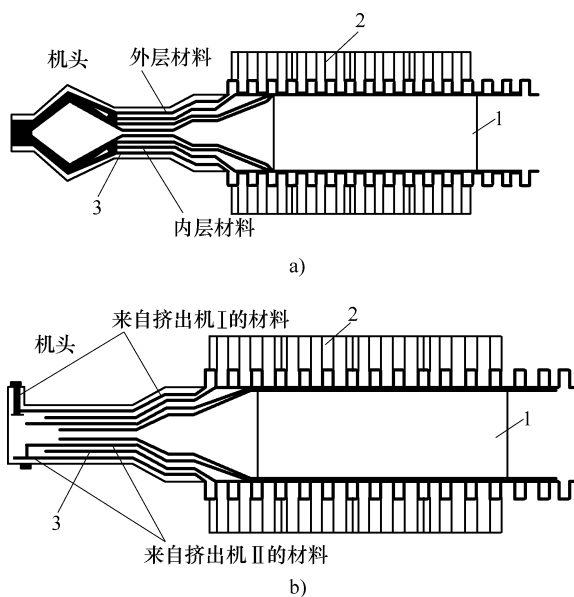


图 3-38 双壁波纹管生产过程示意图

a) 一台挤出机 b) 两台挤出机

1—水冷心轴 2—带有真空的模块 3—吹模的空气通道

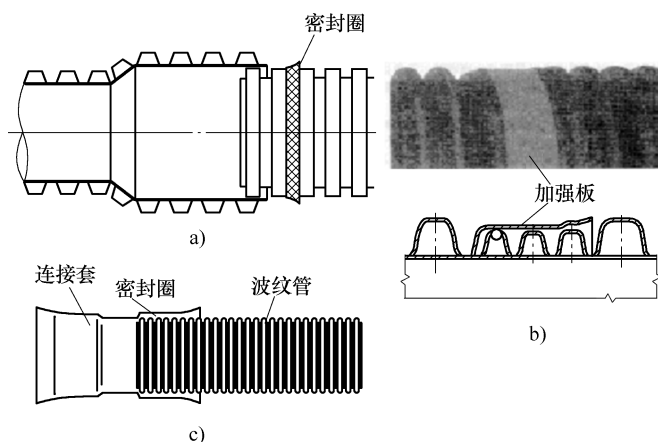


图 3-39 双壁波纹管的连接方式

a) PVC 双壁波纹管承口 b) 单壁承口的加强板

c) 连接套双壁波纹管插入方式

就不会漏水了。这种连接方式不需扩孔，安装方便。

图 3-40 所示是另一种双壁波纹管机头，这是比较先进的一种生产方式，它只用了一台挤出机，通过机头内部分流，在机头分流支架的前端将熔料分成内外流层，外层先成型外层波纹管，并用真空成型。在外层波纹管未冷却之前又挤出内层管与波纹管贴合在一起，经出模后冷却熔接成双壁波纹管。其设计的关键技术如下。

① 外层管在分流锥前的分流料量要更多，这样才能保证外波纹管真空抽吸成型的需要料量。

② 内层贴合既要平直牢固，又不能引起外波纹管变形，接胶点要适当。

③ 由于外定型套要抽真空又要水冷定型，而且要转动，因此其密封性一定要好，而且其转速要与挤出胶的速度同步，在工艺操作上也必须配套。生产出的双壁波纹管是螺旋形，生产工艺复杂，操作难度较大，对员工的技术水平也要求更高。

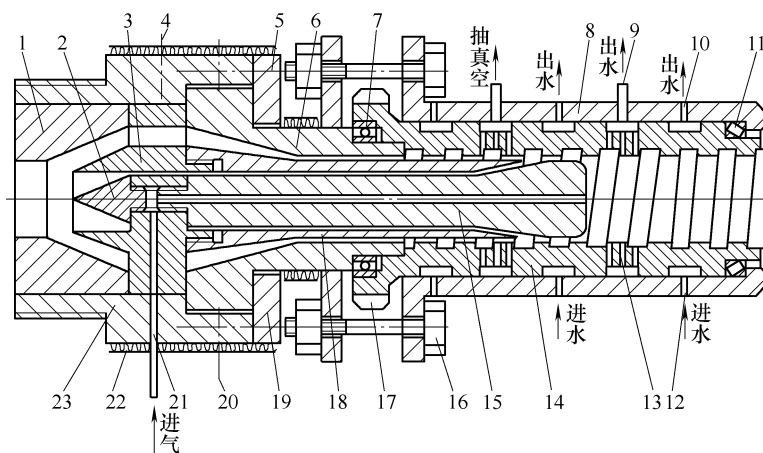


图 3-40 双壁波纹管机头

- 1—垫块 2—内分流器 3—外分流支架 4—热电偶 5—固定螺钉 6—口模
7、11—轴承 8—冷却套 9—真空抽气嘴 10—出水口 12—出水口
13—抽真空孔 14—波纹管 15—内芯模 16—固定螺栓 17—传动齿轮
18—外芯模 19—压环 20—调节螺钉 21—进气孔 22—加热圈 23—模体

(4) 双壁波纹管挤出成型注意事项（工艺操作要点）

1) 开车生产前，检查并调整波纹管成型机合模后的中心线和挤出模口模的中心线在同一中心线上。

2) 起动波纹机，调整两半模的传动链轮使其同步运行，达到两半模在运行中的闭、合完全对正，以使塑料管的波纹形完整、表面光滑。

3) 挤出机开车投料后，注意检查挤出熔料的塑化质量，以熔融态料表面光亮、柔软无硬疖、无料团为合格。

4) 检查管坯模具口中挤出的两层熔料流是否一致。如果原料塑化质量和熔料流速同步，就可停止螺杆转动，安装内定径塞和冷却水套。然后把波纹成型机移向模具口端，向管坯内输入压缩空气和接通冷却水，同时起动波纹成型机运转工作。

5) 注意检查调整波纹成型机与口模挤出管坯料流速度的协调性，调整压缩空气压力，

使管外层的波纹成型完整。

- 6) 检查波纹管的成型质量, 调整芯棒对正螺钉, 适当修正管壁厚的均匀性。
- 7) 冷却水的温度应控制在不超过 10℃, 偏高的水温会给双壁波纹管的成型增加难度。

3.4.3 双壁波纹管挤出成型质量分析

(1) 管外表面波纹形状不规则

- 1) 确定波纹成型模的两半开模合模时错位, 应重新调整两半开模的运行速度使其同步或调整两半开模使其合模后准确对正。
- 2) 两半开模用的传动链条磨损严重, 同步运行时有累计误差, 造成两半开模运行一段时间后产生错位, 应维修更换链条。
- 3) 挤出机螺杆工作转速不稳, 挤出熔料量不一致, 成型管坯外形出现误差较大。检查故障并及时检修。
- 4) 压缩空气的压力不稳, 使吹胀成型的波纹形状有较大形状误差。应调整稳定供气压力。
- 5) 成型管坯用熔料温度偏高, 成型困难。应降低熔料温度。

(2) 管子表面无光泽

- 1) 熔料温度偏低, 原料塑化不全面, 应适当提高机筒和机头的工艺温度。
- 2) 冷却水温度偏高, 应降低冷却水温度。
- 3) 管坯定型平直段长度不足, 定径压力小, 应改进机头结构尺寸。

(3) 管材发脆

- 1) 原料配方中碳酸钙加入比例过高或润滑剂的加入比例不合理, 应改进配方。在原料中适当加入丙烯酸类树脂加工助剂, 以提高熔料的凝胶率。
- 2) 原料中水分或杂质含量过高, 应对原料进行干燥处理或更换。
- 3) 成型管坯模具内压力不足, 使管壁成型质量差, 应改进模具结构。
- 4) 成型管的熔料温度控制不稳定, 偏高或偏低的熔料温度都易使管定型后发脆, 要注意塑化熔料的温度, 不要忽高忽低温度差过大。

(4) 双壁波纹管的内外壁间黏附力差

- 1) 成型模具内熔料温度偏低, 应适当提高成型模具温度。
- 2) 原料中润滑剂比例过大, 应适当降低润滑剂的加入量。
- 3) 管坯冷却过快, 两层料熔接不牢, 注意适当调慢管坯冷却速度。

(5) 管的内壁有纵向划痕

- 1) 成型管内壁的芯棒表面有划伤痕迹或有残料黏附在工作面上, 应修光划痕或除净芯棒工作上的残料。
- 2) 有润滑剂粘在冷却定型套上, 应及时调整原料配方中润滑剂的加入量, 清除冷却定型套上的残料。

(6) 管内壁有裂纹或波纹

- 1) 管内壁用成型空气压力过高或外层用成型空气压力不足, 造成管壁出现裂纹或波浪纹。适当调整管壁内、外层的空气压力。
- 2) 成型机头内的压缩比偏小, 造成分流锥支架处的熔料汇合接缝熔合强度低, 易产生裂纹, 应适当提高机头型腔的结构对熔体的压缩比。

(7) 双壁波纹管生产中的异常现象、产生原因及解决方法（见表 3-14）

表 3-14 双壁波纹管生产中的异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
外壁波纹不规则	① 口模温度低 ② 材料特性黏度高 ③ 机筒温度低 ④ 配方不合理	① 提高口模温度 ② 更换黏度低的树脂 ③ 提高机筒温度 ④ 改进配方
外壁波纹瘰纹多	① 料未过筛 ② 原辅料杂质多 ③ 机筒温度高 ④ 真空处有焦粒	① 重新过筛 ② 严格检验原辅料 ③ 降低机筒温度 ④ 清理真空系统
内壁出现波纹	① 内层气压过大 ② 内模温度过高 ③ 冷却水温度过高	① 降低内层气压 ② 降低内芯模温度及油温 ③ 开起冷冻泵,水温降至 5 ~ 10℃
内壁穿孔	① 外层气压过大 ② 内芯模加热棒或螺杆温度低 ③ 内模温度或水温过高 ④ 内气泄露 ⑤ 成型机未校正 ⑥ 配方或原辅料不合格	① 降低外层气压 ② 提高芯棒加热棒和机筒温度 ③ 降低内模温度和水温 ④ 更换气塞 ⑤ 重新校正同心度 ⑥ 重检原辅料或调节配方
外壁穿孔	① 成型机与挤出机头未校正 ② 外模温度低,内模温度高 ③ 树脂黏度高 ④ 机筒温度低	① 重新校正同心度 ② 提高模体温度 ③ 更换树脂 ④ 提高机筒温度
完全不能成型	① 原辅料不合格 ② 机头与成型模块位置不合适 ③ 机筒温度低 ④ 物料水分多 ⑤ 配方不合理	① 更换合格原辅料 ② 重新校正机头和成型模块 ③ 提高机筒温度 ④ 烘干物料 ⑤ 更换配方
管材有气泡、外表毛糙	① 机筒螺杆温度高 ② 物料中水分含量高 ③ 物料稳定性差,杂质多	① 降低机筒螺杆温度 ② 烘干物料,检查真空系统 ③ 检查热稳定剂,筛选原料
变色分解	① 模具损伤或未擦干净 ② 过滤网堵塞 ③ 成型温度高 ④ 物料稳定性或流动性差	① 清理模具 ② 清过滤网 ③ 降低温度 ④ 增加热稳定剂或加改性剂

3.5 聚氯乙烯芯层发泡管挤出成型试模调机

(1) 聚氯乙烯芯层发泡管概述 PVC 芯层发泡管材是利用双机复合共挤生产的三层结构的塑料管材。其结构特点是内外两层硬 PVC 塑料层与中间发泡层组成三层式结构,这种管子的密度在 0.7 ~ 0.9g/cm³,比实壁(不发泡的)PVC 管要节省材料 20% ~ 30%,而且中间的芯层还可填充废旧塑料,而降低成本。图 3-41 所示为聚氯乙烯芯层发泡管的断面结构,它的内、外表皮是硬质 PVC,具有强度高和良好的综合物理性能。由于其发泡芯层有单独的用料发泡配方,用单独的挤出机挤塑发泡,密度为 0.8g/cm³,呈团孔状结构,因此这种管既有聚氯乙烯管的耐腐蚀、质轻、价格低的优点,又有隔热、保温、防振及节省原料、轻便的特点,被广泛用在排水管路和输送要求保温的液体管路中。

(2) 原料与配方 芯层发泡管的用料分为表面层和中间发泡层两种配方。一般内外表皮层用料配方选用 SG5 型 PVC 树脂,发泡芯层选用 SG7 或 SG8 型 PVC 树脂。为了挤出成型工艺的需要,在配方中还要加一定比例的稳定剂、润滑剂和其他一些辅助料,在发泡芯层用

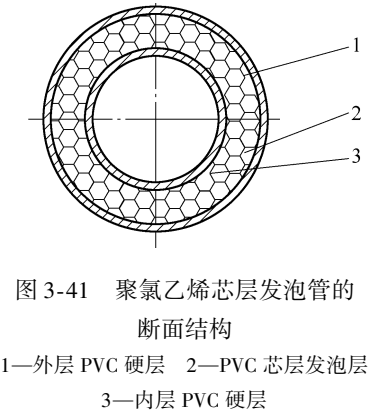


图 3-41 聚氯乙烯芯层发泡管的断面结构
1—外层 PVC 硬层 2—PVC 芯层发泡层
3—内层 PVC 硬层

料配方中还需要加发泡剂。

1) 聚氯乙烯芯层发泡管的内外表皮成型用料配方 (质量份)。

聚氯乙烯 (PVC SG5), 100; 氯化聚乙烯 (OPE), 0.15; 苯乙烯- α -甲基苯乙烯共聚物 (SMS), 2.8; 硬脂酸 (HSt), 0.10; 轻质碳酸钙 (CaCO_3), 16; 甲基丙烯酸酯-丁二烯-苯乙烯共聚物 (MBS), 8.0; 苯酐 (PA-21), 2.0; 钛白 (TiO_2), 适量; 群青, 适量。

2) 聚氯乙烯芯层发泡管的发泡芯层成型用料配方 (质量份)。

聚氯乙烯 (PVC SG7), 100; 偶氮二甲酰胺 (AC 发泡剂), 0.6; 三碱式硫酸铅 (3PbO), 2.0; 丙烯酸酯类树脂 (ACR201), 4.0; 二碱式亚磷酸铅 (2PbO), 0.7; 轻质碳酸钙 (CaCO_3), 5.0; 硬脂酸钙 (CaSt), 0.4; 氧化聚乙烯蜡 (OPE), 0.3。

(3) 生产设备

1) 挤出机。聚氯乙烯芯层发泡管的挤出成型可用单螺杆挤出机, 也可用双螺杆挤出机。成型生产时, 可用两台挤出机供料, 也可用三台挤出机, 但大多用两台挤出机供料。两台挤出机的中心线在成型机头模具处成 45° 角布置, 也有成 90° 角布置。用两台挤出机时, 一台挤出机供芯层发泡管的内外表皮成型用, 另一台挤出机供发泡芯层成型用。由于发泡芯层成型用料大于内外表皮的成型用料, 所以选用的两台挤出机规格不相同。例如为发泡芯层供料的挤出机规格为 $\phi 65\text{mm}$ 螺杆机, 那么为内外表皮层供料用 $\phi 45\text{mm}$ 螺杆的挤出机就可以了。

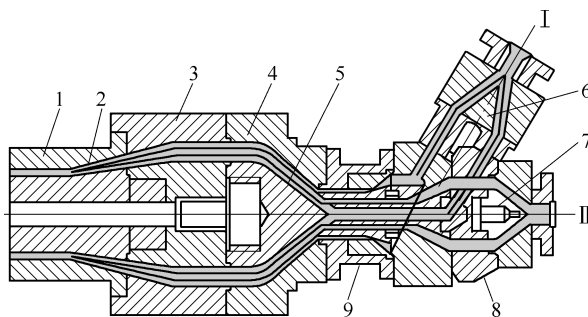


图 3-42 两台挤出机供料挤出成型芯层发泡管的机头结构

1—口模 2—芯棒 3—中套 4—模具体 5—管料复合分流锥
6—内外皮层用料分流锥 7—芯层料分流锥 8—芯层连接器
9—内外层连接器 I—内外皮层熔料进口口
II—发泡芯层熔料进口口

2) 挤出机头。聚氯乙烯芯层发泡管的复成型机头结构比较复杂, 图 3-42 所示是用两台挤出机生产成型芯层发泡管的机头结构。图中“ I ”是 45° 倾角安装的 $\phi 45\text{mm}$ 挤出机的进口, 是专供内外表层成型的硬 PVC 用料的进口。“ II ”是另一台挤出机的进口, 是为挤出成型管的发泡芯层成型用料的进口。两台挤出机挤出的熔料流分别从两个进口进入, 在机头内分流, 分别成型内外皮层和芯层, 然后在成型平直段汇合、复合成芯层发泡管。向前运行的同时, 芯层内原料在口模和定径套之间较适合的温度条件下发泡, 成型聚氯乙烯芯层发泡管。

图 3-43 所示为两机垂直布置的芯层发泡管机头结构。这两种机头结构都是机头内发泡的形式, 熔料进入机头后料流扩散膨胀, 再进入中接口熔流, 通过压缩再进入前端机头, 熔料流又扩张膨胀 (发泡), 进入口模平直段再次压缩并挤出型坯。在口模与定径套之间, 坯料在松弛过程中也会发泡, 经过定型冷却最后成型为芯层发泡管。后面的真空定型套、喷淋式真空水槽、牵引机、切割机、堆放架等都和普通硬管生产设备相同, 这里就不再叙述了。

PVC 芯层发泡管生产工艺流程: 按配方对内外层用料进行计量→原料降温→按配方对挤出塑化发泡芯层用料进行计量→高速混合原料→原料降温→挤出塑化→熔料复成型→真空冷却定型→真空喷淋冷却水箱→牵引→切割→检验入库。挤出成型工艺温度控制在 $140 \sim$

195℃，成型机头温度在 185 ~ 195℃。由于 PVC 两外表皮用树脂的黏度高于发泡芯层用 PVC 树脂的黏度，所以芯层成型温度为 175 ~ 185℃，内外表层成型温度为 185 ~ 195℃。也就是要控制内外表层温度比芯层挤出成型温度高 10℃。

(4) 聚氯乙烯芯层发泡管工艺操作要点

1) 聚氯乙烯芯层发泡管的内外皮层和发泡芯层的用料，因原料、辅料、助剂的品种和配比都不一样，故应分别在两台高速混合机中进行原料的混配工作。

2) 生产前要认真调节好成型模具中口模和芯棒间的装配间隙，生产中出现间隙不均匀影响壁厚时，要及时进行微调。

3) 生产前调节口模与定径套间的距离，一般控制在 120 ~ 200mm。生产中要凭工作经验来调节，如发现芯层发泡过快，应把口模与定径套的距离调小些，反之则应大些。距离短，管坯自然发泡的时间短，发泡过量的机会也相应减小。

4) 皮层与芯层用挤出机除了规格不同外（芯层挤出机规格略大于皮层用料挤出机），还应注意两台挤出机挤出熔料速度的匹配。初生产时，要观察管坯内外层和芯层挤出料的成型厚度及熔料流速的一致性，然后适当调节两台挤出机螺杆的转速。

5) 注意成型模具工艺温度对管坯成型质量的影响。熔料进料口处的温度应控制在 140 ~ 160℃，管材复合分流锥处的温度应控制在 170℃，机头口模处的温度应控制在 185℃。

6) 牵引管坯的速度要适中，不能过快，也不能太慢。拉伸比要控制在 1.2 ~ 1.5。

7) 注意定径冷却水温应控制在 15℃，应使管坯能充分冷却，迅速降低并停止芯层的发泡过程。

8) 芯层发泡三层复合 PVC-U 管工艺流程如下。

三层复合管挤出温度见表 3-15。

表 3-15 三层复合管挤出温度

区域	机身温度/℃				连接器温度/℃	分配机头温度/℃			
	I	II	III	IV		I	II	III	IV
外层	150	175	175	180	185	180	180	185	1905
内层	150	175	175	180	185	180	180	185	195
芯层	150	150	160	160	170	170	175	175	185

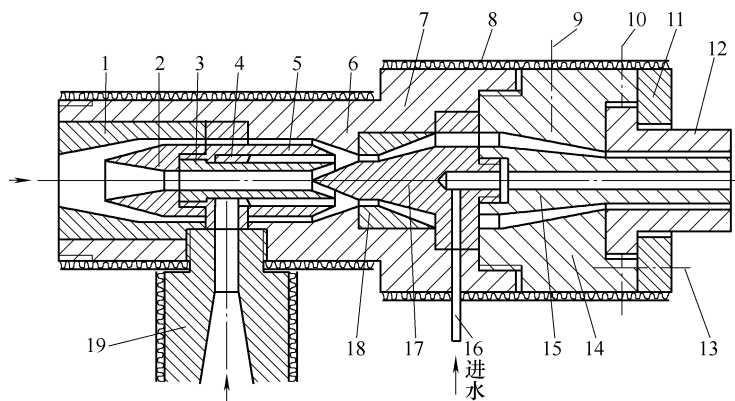
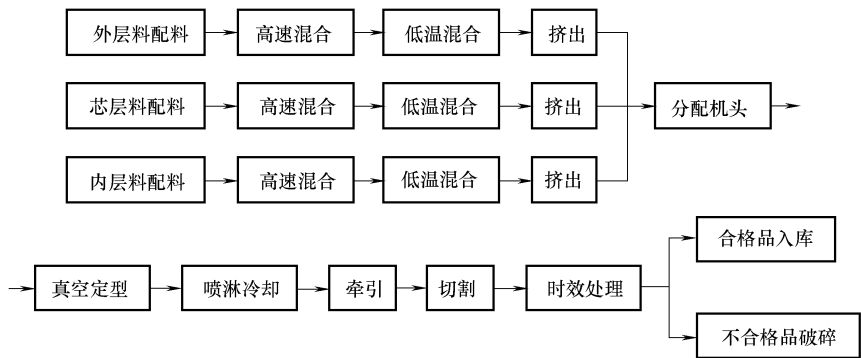


图 3-43 两机垂直布置的芯层发泡管机头结构

- 1, 18—垫块 2—分流器 3—中层芯模 4—楔块 5—支架芯
6, 9—热电偶 7—机头体（I） 8—加热圈 10—调节螺钉 11—压环
12—口模 13—固定螺钉 14—机头体（II） 15—芯模 16—进气管
17—分流芯模 19—挤出机



3.6 高密度聚乙烯燃气管挤出成型试模调机

(1) 高密度聚乙烯燃气管概述 高密度聚乙烯燃气管主要用作输送煤气、液化气和天然气。它由于强度高，耐压，因此在燃气管路中得到广泛应用。
用于生产燃气管的高密度聚乙烯树脂应符合表 3-16 的要求。

表 3-16 高密度聚乙烯燃气管专用树脂的性能要求

项 目	性能要求	试 验 方 法
密度/(g/cm ³)	≥900	按 GB 1033.1—2008 规定进行试验
水分含量/(mg/cm ³)	<300	用 SFY 塑料快速水分测定仪检验
挥发物含量/(mg/cm ³)	<350	—
炭黑含量(/%)	2.0~2.6	GB/T 13021—1991 规定进行试验
热稳定性(200℃)/min	>20	—
耐环境应力开裂 (100℃×100%×F ₀)/h	≥1000	按 GB/T 1842—2008 规定进行试验,温度为 100℃±2℃,试验结果以试样破损几率为 0 的时间(F ₀)表示
耐气体组分(80℃×2MPa)/h	≥30	50% (质量比)的正癸烷(99%)和 50% (质量比)的三甲基苯混合流试验介质,温度为 80℃。试验前将混合流注入自由长度不小于 250mm, 尺寸为 φ32mm×3.0mm 的管状试样中,在(23±2)℃环境中放置 1500h 后按 GB/T 611—2006 规定进行试验
长期静压强度 (20℃×50 年×95%)/MPa	≥8.0	按 GB 15558.1—2003 规定进行试验

(2) 生产设备 高密度聚乙烯燃气管生产中用的挤出机为单螺杆挤出机，螺杆结构采用等距不等深渐变型螺杆，长径比 L/D 为 25~35，压缩比为 2~3。成型机头主要由连接颈、分流锥、外套、模芯、口模、芯棒等组成，其结构如图 3-44 所示。

其他设备的配置与普通聚乙烯管材生产设备相同。

(3) 成型工艺温度 加料段温度为 130~150℃，塑化段温度为 160~180℃，均化段温度为 190~210℃，成型机头温度为 190~200℃。

(4) 成型工艺要求和操作注意事项

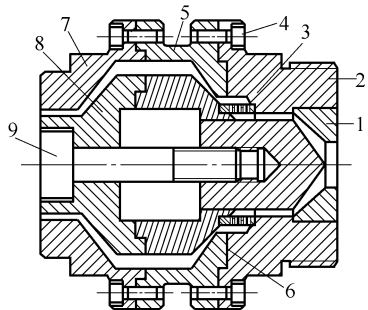


图 3-44 高密度聚乙烯燃气管机头结构

1—进胶套 2—模座 3—筛孔板 4—内六角螺钉 5—中套体
6—中芯模 7—口模 8—芯棒 9—大内六角螺钉

① 高密度聚乙烯燃气管在特殊条件和环境中使用时,可添加抗静电剂和紫外线吸收剂。抗静电剂可用羟乙基烷基胺、高碳醇、二氧化硅三者的混合物(HZ-1),加入量为0.5%~0.8%(即100份PE树脂中加入0.5~0.8份抗静电剂)。紫外线吸收剂可用2-羟基-4-正辛氧基(UV531),加入量约为1%。

② 为改进制品性能和降低PE管的生产成本,树脂内可加入不大于6%的轻质碳酸钙(CaCO_3 ,细度 $3\mu\text{m}$,约400目)或加入不大于15%的炭黑,这对改进管材的抗静电和耐候性均有好处。

③ 成型机头结构也可采用HDPE输水管成型用机头结构。

表 3-17 高密度聚乙烯燃气管生产中异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
圆度不好,管材弯曲	① 模芯中心位置不正 ② 口模温度环向不均匀 ③ 冷却不均匀 ④ 真空吸合不好 ⑤ 牵引夹持力过大 ⑥ 冷却速度太慢	① 调整同心 ② 检查口模加热圈是否损坏 ③ 检查冷却系统均匀性 ④ 检查抽真空系统是否正常 ⑤ 调整牵引夹持度至适度 ⑥ 提高冷却水流量,降低水温、料温
管材不光滑,外表毛糙,有冷斑	① 挤出温度过低 ② 口模内不光滑 ③ 挤出速率过快 ④ 口模压缩比过小,定型段过短 ⑤ 塑料中水分过多 ⑥ 原料润滑性差	① 提高机筒和口模温度 ② 降低口模内表面粗糙度,清除口模内滞料 ③ 降低螺杆转速 ④ 加大模腔中压缩比,加长定型段的尺寸长度 ⑤ 干燥塑料原料 ⑥ 改进配方,提高润滑性能
管壁厚度不均匀	① 芯棒和模套定位不正 ② 口模各点温度不均 ③ 牵引位置偏离挤出中心线 ④ 牵引速度不均匀	① 调整相对位置 ② 校正温度 ③ 校正牵引位置 ④ 检查牵引辊是否打滑,牵引速度是否均匀
管材有洞或拉断	① 冷却水流量太快 ② 压缩空气太大 ③ 牵引速度太快	① 调小冷却水 ② 调低压缩空气流量 ③ 降低牵引速度
管径太小不同	① 挤出温度有波动 ② 牵引速度不均或打滑 ③ 压缩空气不稳定	① 控制温度恒定 ② 稳定牵引速度 ③ 稳定压缩空气
制品带有杂质	① 滤网破损或滤网不细 ② 配方中填料过多	① 调换滤网 ② 降低填料比率

④ 为提高HDPE燃气管的强度,管坯成型后应采用迅速冷却降温法,可使管材结晶度小,制品表面有光泽。

⑤ 喷淋冷却水箱长度应不小于6m,大于 $\phi 150\text{mm}$ 的管坯冷却水箱长度应不小于15m。

⑥ 采用内压法定型管坯时压缩空气的压力值应控制在0.2~0.7MPa。

⑦ PE树脂中加炭黑时,注意应先将炭黑进行干燥处理,否则会使制品出现气泡或表面粗糙度差等质量问题。

⑧ 机筒的加料段内表面应开出纵向沟槽,以利于树脂原料的加入和在螺槽内输送。

⑨ 管坯宜采用真空吸附定径冷却套进行冷却定型。

(5) 高密度聚乙烯燃气管生产中异常现象、产生原因及解决方法 (见表 3-17)

3.7 无规共聚聚丙烯管挤出成型试模调机

无规共聚聚丙烯 (PP-R) 按其分子中 $-\text{CH}_3$ 基团在空间排列情况, 可分为等规聚丙烯和无规聚丙烯。无规共聚聚丙烯是以共聚聚丙烯为基体, 经乙烯改性而成的一种树脂, 是继均聚丙烯 (PP-H) 和嵌段共聚聚丙烯 (PP-B) 之后开发的一种新型树脂, 简称 PP-R。由于 PP-R 是在 PP 管材的基础上通过改性后的新管材, 所以它不但具备了 PP 管材的无毒、耐腐蚀、强度高、耐热性好、重量轻的优点, 还通过改性克服了 PP 管原来的缺陷, 把低温脆性差和耐老化能力差改变为耐低温性能强、耐老化性能好, 而且还有很高的耐低温冲击性能, 目前被广泛用于冷、热水的输送管道、各种大、小自来水管、化工输送管、农用排灌管、热交换管、太阳能加热器管等。由于在家庭自来水管安装中 PP-R 管可用热熔法连接, 简单、方便、可靠、安全、牢固, 因此目前自来水管几乎普遍采用了 PP-R 管。PP-R 管目前国内国外都在大量使用, 市场非常广阔。

(1) 无规共聚聚丙烯管用树脂性能和要求

1) 无规共聚聚丙烯管用树脂性能。PP-R 管材的原料性能见表 3-18。

表 3-18 无规共聚聚丙烯树脂的性能指标

性 能	测 试 方 法	指 标
密度/(g/cm^3)	按 ISO 1183F 规定进行	0.9
熔体流动速率(230℃, 21.2N)/($\text{g}/10\text{min}$)	按 ISO 1133 规定进行	0.3
拉伸强度/MPa	按 ISO 527-2 规定进行	26
拉伸弹性模量/MPa	按 ISO 527-2 规定进行	806
邵尔硬度	按 ISO 868 规定进行	60
熔点/℃	按 ISO 3146-19 规定进行	131.3
比热容/[$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]	按 DSC 规定进行	2.0
热导率/[$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]	按 DIN 52612 规定进行	0.21
缺口冲击强度/(kJ/m)	按 ISO 179/1AF 规定进行	22.9
23℃		1.86
-20℃		

用无规共聚聚丙烯树脂挤出成型的管材, 除了具有聚丙烯管材质量轻、无毒、耐腐蚀和强度较高的优点外, 还有耐低温抗冲击性能好、和其他聚丙烯管材相比在高温条件的环向应力有更好的稳定性的特点。同时它还具有保温效果好、管内壁光滑、液体流动阻力小等特点, 在 60℃、1.25MPa 工作条件下, 使用寿命可达 50 年以上。但由于树脂的熔体流动速率低、熔料的黏性较大, 也给管材成型过程带来一定的困难。

无规共聚聚丙烯树脂挤出成型管材用料, 应选用乙烯含量为 3% (质量比) 的颗粒状无规共聚聚丙烯树脂, 其密度为 $0.89 \sim 0.91 \text{g}/\text{cm}^3$, 分子量较高, 熔体流动速率 (MFR) 小于 $0.5 \text{g}/10\text{min}$ 。

2) 无规共聚聚丙烯管的原材料与配方 (质量份)。

无规聚丙烯, 90~97; 光稳定剂, 0.1~0.3; 聚乙烯, 3~10;

表面处理剂, 0.01~0.1; 抗氧剂, 0.5; 其他助剂, 适量。

(2) 无规共聚聚丙烯管成型设备 无规共聚聚丙烯管的挤出成型工艺路线与普通聚丙

烯管的挤塑成型工艺路线相同,挤出机一般都用单螺杆通用型挤出机,原料经熔融塑化后从机头模具中挤出成型,然后用真空定径套降温定型,经过喷淋水充分降温冷却后按规定长度切断成制品。

由于无规共聚聚丙烯树脂的导热性较低,分子量高,熔体流动速率低,树脂熔融态黏度较高,在挤出过程中从晶体到高弹态,再到熔融黏流态,需要的热量较多,电功率消耗较大,所以其原料形态的转化过程对设备的结构要求也较特殊,如螺杆、机筒、机头、定径套、水槽等。

1) 螺杆结构。螺杆结构为分离型螺杆(BM型螺杆),长径比 $L/D \geq 30$,一股取长径比为33。螺杆的均化段处设有屏障型混炼段,螺杆体内钻有中心孔,能通冷却水,以方便对螺杆工作温度的控制,保证进料段原料能顺利被螺杆螺旋推进前移。

2) 机筒结构。机筒内孔工作面与普通机筒内孔工作面不同之处是进料段处开有均匀分布在圆周上的纵向沟槽,用以增加原料与机筒内表面的摩擦力,提高原料进入机筒后向前输送能力。纵向沟槽深度为2~3mm,长度值约是机筒内径的3~4倍。

3) 成型管用机头结构。无规共聚聚丙烯管的成型机头采用篮式或螺旋式结构,熔料流道空腔不宜过大,压缩比为2.5~4,一般螺旋式压缩比稍小,篮式压缩比稍大。定型段平直部分长度比普通聚丙烯管的长度要长,口模内径比定径套内径大,通过一定的拉伸后入定径套真空定型。芯棒的收缩角不宜过大。

4) 真空定径套和冷却水箱结构。由于无规共聚聚丙烯管一般都是用于自来水管,管壁较厚散热慢,所以真空定径套的长度比普通管要长,具体长度依管材直径的大小决定。例如管的直径为30~50mm时,定径套的长度应为200~250mm,管壁厚的定径套要稍长,管壁薄的宜稍短。真空定径套用黄铜制作,抽真空槽线切割时比普通管材稍宽。在真空套的前端应设置环形水道,通冷水对管材外表面预冷使表皮硬化后再入真空套。真空箱供给定径套的真空度可调节,一般要求为-0.06~-0.08MPa。真空套内冷却循环水的温度也要可调,最好在35℃。喷淋水箱的长度比普通聚丙烯管冷却降温定型用的水箱长,当管材直径为30~50mm时,喷淋水箱的长度应不小于6m;当管材直径为50~100mm时,喷淋水箱长度应为12m;当管材直径为100~150mm时,喷淋水箱长度应为18m。喷淋水箱可分几段,这样对冷却水的温度控制也较方便。无规共聚聚丙烯管挤出成型生产线上,喷淋水箱长度最长可达30m。

喷淋水箱循环水的温度,一般应控制在17℃。各段水箱中的水温,从管坯定径后进入喷淋水箱开始,应逐渐降低。

真空定径套的内径应比成型管材的外径略大,但比成型机头的口模内径要稍小。新型的PP-R管生产线都是用计算机控制、设定、记录相关数据,加料口装有电子秤准确计量,冷却水槽与牵引机之间设有远红外线测量装置,管材的直径和壁厚可通过计算机设定、记录和修正,达到自动调节相关工艺参数,实现在线自动调控。

图3-45所示为 $\phi 40\text{mm}$ 以下PP-R小管生产线,由挤出机、机头、真空箱、浸泡水槽、皮带牵引机、锯片切断机、堆放架等组成。

真空定径装置由真空定径套、真空泵、冷却水泵、水位水温调节器、真空表及真空调节装置、水箱支承移动机构、喷淋水箱等组成。真空泵提供足够真空度,水泵用以控制冷却效率,移动机构用以调节口模与定型装置之间的距离和机头与定径套的中心对准度。喷淋水箱

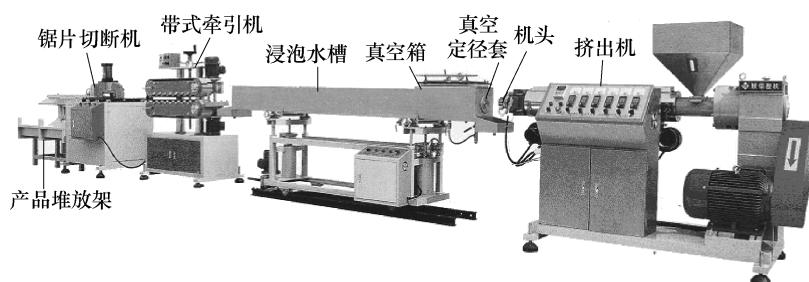


图 3-45 直径 40mm 以下 PP-R 小管生产线

由水泵、水位水温调节器组成。

5) 履带牵引机。较小的 PP-R 管可用两组履带牵引, 较大的用四组履带牵引。履带牵引机由二组 (或四组) 传动带、直流牵引电动机、调速器、牵引履带升降的电动机、气动调节压紧装置等组成。

6) 行星切割机。行星自动切割机由夹紧、切割、旋转、复位、吸尘、翻料等部分组成。夹紧部分包括前上、前下、后上、后下四个气缸。切割部分包括切割电动机、液压泵电动机、油路换向电磁阀、切割锯片、位置行程开关、换向器。旋转部分包括旋转电动机、电磁制动器、旋转定位开关、变频调速器。复位部分包括复位气缸、机械减振器、气动减速装置。

(3) 无规共聚聚丙烯管成型工艺及操作注意事项

1) 挤出机机筒各段温度设置。由于挤出机 $L/D \geq 33:1$, 机筒较长, 机筒加热段被分五区。从加料段到机筒出料口的各段温度一区为 $185 \sim 200^{\circ}\text{C}$, 二区为 $200 \sim 215^{\circ}\text{C}$, 三区为 $215 \sim 235^{\circ}\text{C}$, 四区为 $220 \sim 240^{\circ}\text{C}$, 五区为 $230 \sim 250^{\circ}\text{C}$ 。机头温度为 $230 \sim 240^{\circ}\text{C}$, 螺杆的工作转速为 $30 \sim 45\text{r/min}$ 。

2) 由于挤出成型机头挤出的管坯温度还非常高, 当出现管坯外径表面料与定径套进口处有黏附现象时, 就表明进入定径套的管坯冷却还不够。此时就应检查定径套入口处是否设置了冷却水环, 水环是否接通了进水管, 循环水在套内是否流畅, 以及循环水的温度是否可调。此处水温控制应以管坯降温后不粘模套为原则。

3) 操作时注意管材的牵引速度与管坯挤出成型的速度相适应。管坯在真空定型套内降温定型不充分, 会出现拉伸定向现象, 影响环应力, 导致管材工作时耐压能力下降。所以成型 PP-R 管时定径套要做得更长, 使尚未能完全冷却的管在长定径套中充分冷却后再出模。如果一个定径套不够, 可在第二节真空箱内再装一个定径套 (两个定径套必须在一条中心线上)。

4) 冷却水槽的喷淋水温应控制在 $15 \sim 18^{\circ}\text{C}$ 。水温过高, 制品形成结晶颗粒大, 抗冲击性能下降; 水温过低, 管材定型后会产生较高的内应力, 影响管材质量。

5) 生产中产生的废料经粉碎、干燥和清洁处理后可直接在生产中掺入原料中使用。但掺混量不宜过多, 以不超过 7% 为宜, 太多会影响管材质量。在掺入废料时还要与原料掺混均匀后再投入料斗。

6) 目前 PP-R 管专用生产线大多都采用计算机控制系统, 运行可靠, 质量稳定。挤出机和牵引机都采用直流调速器和变频器调速, 使用专用的定型冷却装置, 可确保高速生产厚壁管时直径和圆度的稳定。配套色条专用挤出机, 可生产带色标线的管材。采用全新的无屑

切断机,使切割断面平整,并配套自动检测系统和喷墨印刷系统。

(4) 无规共聚聚丙烯管应用特点 无规共聚聚丙烯管在建筑工业中,用于输送冷热水时的最高使用温度可达 95℃,长期使用温度为 70℃;在工业生产中,用于输送油和各种腐蚀性液体;在人们日常生活中,大量用于自来水(饮用水)和农业灌溉管路中。它无毒、不污染环境,使用寿命可达 50 年以上。

1) PP-R 管体轻、无毒、耐腐蚀、强度好、刚性好、不污染环境,使用时间可达 50 年以上。

2) PP-R 管与普通管相比,不锈蚀、耐磨损、不结垢、耐酸碱。

3) PP-R 管输送液体阻力小,输送热水保温性能好,可节省能源。

4) PP-R 管生产工艺与 PE 交联聚乙烯管生产工艺相比,使用设备比较简单,对生产环境无污染,操作也更容易,并且螺杆长期使用后不需要清洗。

5) PP-R 管路安装非常方便简单,只需在现场用热熔接法把管端熔接在一起,不需另外的粘接。

3.8 硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管挤出成型试模调机

(1) 硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管概述

如图 3-46 所示,硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管是一种用硬质 PVC 圆条缠绕成螺旋状,复合在软质 PVC 管内成型的增强管。由于 PVC 软管内有硬质 PVC 圆条螺旋作骨架,从而提高了软质 PVC 管的刚度和工作强度,使螺旋增强 PVC 软管具备了输送有一定压力的液体的条件。而且这种管还具有耐腐融、易弯曲等优点,有时还可代替橡胶管和钢管输送液体、气体和粒状固体,也可代替金属软管作机电设备中的电缆护套使用。

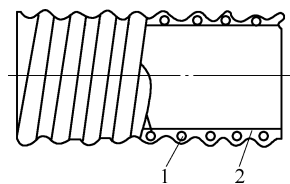


图 3-46 硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管结构
1—硬质 PVC 螺旋条
2—软质 PVC 管壁

硬质聚氯乙烯螺旋增强, PVC 软管原料的配方与硬 PVC 管和软 PVC 管的配方基本相同。

1) 软质 PVC 透明管成型用料配方(质量份)。

聚氯乙烯(PVC SG3), 100; 二月桂酸二丁基锡(C102), 1.5; 邻苯二甲酸二辛酯(DOP), 60; 环氧大豆油(ESO), 3.5; 己二酸二辛酯(DOA), 6.5; 石蜡, 0.25; 钡镉锌液体稳定剂, 0.8。

2) 硬质 PVC 螺旋条用料配方(质量份)。

聚氯乙烯(PVC SG6), 100; 硬脂酸钡(BaSt), 1.5; 三碱式硫酸铅(3PbO), 1.5; 硬脂酸铅(PbSt), 0.7; 二碱式亚磷酸铅(2PbO), 1.5; 氯化聚乙烯(CPE), 5.0; 丙烯酸类树脂(ACR-401), 1.2; 轻质碳酸钙(CaCO₃), 10; 石蜡, 0.5; 钛白粉(TiO₂), 1.5; 硬脂酸(HSt), 0.5。

(2) 生产设备 对于硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管的挤出成型,由于制品是用两种性能不同的 PVC 制品复合成型,所以生产时,两种制品的不同配方原料应分别在两台混合机中混配,然后再分别在两台挤出机中塑化熔融。挤出的熔态料也分别从成型机头的两个入口挤入成型硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管的模具中,复合成型管坯。对两台挤出机的规

格选择, 由于软质 PVC 管料比硬质 PVC 料用量大, 所以选取挤软质 PVC 料用挤出的机规格应大于挤硬 PVC 料用的挤出机规格。挤出机的螺杆结构型式与挤普通聚氯乙烯制品用螺杆的结构型式完全相同。

硬质聚氯乙烯螺旋增强软管成型用机头结构如图 3-47 所示。从图中可以看出, 这种复合机头结构和普通硬质 PVC 管成型用机头相同, 不同之处只是多了一节可旋转的口模, 用来挤出软质 PVC 管用熔料。在复合模具中成型管坯时, 由另一台成型硬质 PVC 螺旋条的挤出机挤出硬质 PVC 熔料条, 从传动的口模侧进入软质 PVC 管坯内。由于口模的旋转, 使硬质 PVC 条缠绕在软质 PVC 管坯圆周上, 同时随向前移动的管坯移动。又由于较大流量的软质 PVC 熔料受成型模具内压力作用, 在向前移动时, 口模内的软质 PVC 料把硬质螺旋条完全包容覆盖, 出口模后经冷却就成为完整的硬质聚氯乙烯螺旋软质 PVC 螺旋管。

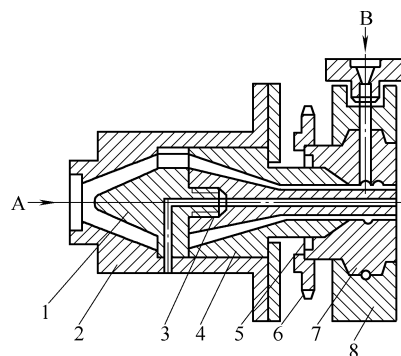


图 3-47 硬质聚氯乙烯螺旋增强

PVC 软管成型用机头结构

- 1—分流锥 2—模具体 3—芯棒 4—口模
5—链轮轴瓦 6—链轮 7—旋转口模
8—口模旋转定位套
A—软质 PVC 熔料进口
B—硬质 PVC 熔料进口

(3) 成型工艺 硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管中的两种原料的混配分别在两台高速混合机中进行, 其操作方法和原料混配工艺温度与普通硬质、软质 PVC 挤出制品的原料配混工艺温度和方法完全相同。两台挤出机分别挤塑两种制品用原料成熔融态的塑化温度和在机头中的成型温度也和挤出机挤塑普通硬质、软质 PVC 制品用料的挤塑工艺温度相同, 调试方法也一样。

硬质聚氯乙烯螺旋增强 PVC 软管挤出成型要求和注意事项如下。

1) 硬质聚氯乙烯螺旋增强软管复合成型硬、软两种 PVC 制品用料的挤出熔料要与成型用料相匹配。挤出硬质 PVC 料条的挤出机螺杆的转速, 应视挤出软质 PVC 熔料成型管坯的流速和挤出硬质 PVC 料条的用料量来调节, 并与软质 PVC 管坯成型流速协调一致。

2) 口模旋转用整流子电动机 (或直流电动机), 通过减速箱减速后由链条传动, 口模旋转的速度可调。调整口模转速时, 应按硬质 PVC 条的缠绕螺距尺寸来调整。工作时, 口模的旋转速度应平稳。

3) 转动口模的内圆表面开有半圆形螺旋沟槽, 它是用来成型增强管的外圆螺旋形的。这个半圆形螺旋槽的深度由管材的壁厚和硬质 PVC 螺旋条的直径来决定。应保证软质 PVC 熔料能全面包容硬质 PVC 条和成型管的外圆螺旋用料。

4) 注意旋转口模内圆各工作面的表面粗糙度和与芯棒的同心度要求, 两零件成型制品用工作面的表面粗糙度 Ra 应不大于 $0.25\mu\text{m}$ 。

5) 由于口模工作时长时间旋转, 因此要注意此处两相互运动的零件的密封, 应用耐磨、耐高温密封圈 (如石墨或聚四氟乙烯密封垫), 以防止此处有熔料挤出, 影响生产。

3.9 管材制品生产过程中异常现象、产生原因及解决方法

不同管材在生产过程中的异常现象、产生原因及解决方法见表 3-19 至表 3-21。

表 3-19 RPVC 管材在生产过程中的异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
表面有黑点	① 机身和机头温度过高 ② 机头和多孔板未清理干净 ③ 分流器设计不合理 ④ 物料中有分解的黑点 ⑤ 原料热稳定性差 ⑥ 控制仪表失灵	① 降低温度,检查温度计灵敏度 ② 清理机头和多孔板 ③ 改进机头结构 ④ 重新配置原料 ⑤ 检查树脂,改进配方 ⑥ 检修仪表
表面有黑色条纹	① 机身或机头温度过高 ② 多孔板未清理干净	① 降低机身或机头温度 ② 重新清理多孔板
外表无光泽	① 口模温度过低 ② 口模温度过高,口模毛糙	① 提高口模温度 ② 降低口模温度,口模打磨抛光
表面有皱纹	① 口模四周温度不均匀 ② 冷却水太热 ③ 牵引速度太慢	① 检查电热圈 ② 加大冷却水 ③ 调快牵引速度
内壁有毛糙	① 芯模温度偏低 ② 机身温度过低 ③ 螺杆温度太高	① 提高芯模温度 ② 提高机身温度 ③ 螺杆通冷却水降温
内壁有裂纹	① 料内有杂质 ② 芯模温度太低 ③ 机身温度太低 ④ 牵引速度太快	① 调换原料 ② 提高芯模温度 ③ 提高机身温度 ④ 降低牵引速度
内壁有气泡	原料受潮	原料先烘干再生产
壁厚不均匀	① 口模、芯模未对中 ② 机头温度不均匀 ③ 牵引速度不稳定 ④ 压缩空气压力不稳定	① 调整口模、芯模的同轴度 ② 检查电热圈加热状态 ③ 检查并调节牵引装置 ④ 检查空压机
内壁凹凸不平	① 螺杆温度太高 ② 螺杆转速太快	① 通水降低螺杆温度 ② 降低螺杆转速
管材弯曲	① 管壁厚不均 ② 机头四周温度不均 ③ 机头、冷却、牵引不在一条线上 ④ 冷却水箱各个通行孔不同心	① 重新调节管壁厚度 ② 检修或调节电热圈 ③ 重新调节在一条中心线上 ④ 调节水箱两端及中间节孔同心

表 3-20 SPVC 管在生产过程中的异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
表面发暗、无光泽	① 口模温度偏低 ② 原料不纯或回收料太多	① 口模温度升至 165 ~ 175℃ ② 用纯净原料,控制回收料掺入比例
管材扁圆	① 模具温度偏高 ② 冷却水量不够 ③ 冷却水位离口模太远 ④ 管坯内温度高,有内外气压差	① 降低模具及口模温度 ② 加大冷却水量 ③ 将冷却水尽量靠向口模 ④ 向管模内适当吹气平衡气压差
内壁有波纹、不平整	① 螺杆转速太快 ② 螺杆温度太高	① 降低螺杆转速 ② 螺杆通冷却水降低温度
管壁有纵向划伤	① 口模碰毛 ② 出模口有积料黏附	① 打磨抛光口模流道 ② 清理口模积料
管壁粗糙,不光滑	① 机筒温度过高 ② 螺杆转速太快	① 降低机筒温度 ② 降低螺杆转速
管不平直,向一边弯曲	① 模具周边加热不均匀 ② 口模与芯模间隙不均匀	① 检查加热圈,调节或更换 ② 调节口模与芯棒的间隙

表 3-21 聚丙烯管在生产过程中的异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
管材圆度差	① 机头四周温度不均 ② 冷却水离口模太近 ③ 冷却水喷淋压力过大	① 调整四周温度 ② 调节冷却水位置 ③ 降低冷却水压力
管壁厚度不均	① 芯模与口模不同心 ② 出料速度不均匀	① 调整芯模、口模,保证同心 ② 调整螺杆转速和各段温度
管径有大有小	① 定径的真空度不稳定 ② 牵引机打滑	① 调节真空系统 ② 调节夹紧力
管内壁有凹坑,无光泽	① 原料吸水潮湿 ② 机头温度太低 ③ 定径部分冷却水流量过大	① 充分干燥原料 ② 提高口模温度 ③ 减少冷却水流量
管材力学性能差	① 树脂型号选择不当 ② 塑化温度低 ③ 纵、横向的拉伸比不适当	① 选合适树脂或对现树脂改性 ② 调节提高机筒和机头温度 ③ 改变牵引速度和口模、定径套尺寸
进定径套时前管坯被吸瘪	压缩空气进气孔或真空定径的大气进气孔阻塞	除掉阻塞物

第4章 异型材机头设计与试模调机

4.1 异型材概述

(1) 异型材产品介绍 异型材种类繁多，有软质、硬质之分，还有不发泡与低发泡之分，有完全塑料成型，又有塑料与非塑料、塑料与金属、不同品种塑料、不同颜色塑料拼合成型，按断面形状可分为中空异型材、敞口异型材、实心异型材、复合异型材等。塑料异型材用途广泛，在建筑、家具、交通运输、机械电子等工程结构材料中，广泛地代替木材、钢材，如门框、门板、窗框、护墙板、地板条、扶手、集成电路板和各种家具配件、机械零部件等都采用塑料异型材制作。下面按断面形状对几种异型材分别介绍。

1) 异型管材。如图4-1所示，异型管材如果壁厚相同，且没有锐角和筋，都是先用普通圆管机头挤出圆管坯件，再用异型管真空定型模抽吸成型的。若异型管材壁厚相同，可成型形状相当复杂的异型材制品。这种制品大多数用作集成电路套管和异型容器的壳体。采用先用圆管挤出管坯再用异型定型模制成异型管材，是因挤出圆管坯件时，壁厚调节方便容易。对形状特殊、壁厚又不相同的异型管材，或内、外表面有筋或锐角的异型管材，通常机头要制成异型口模，然后再通过真空定型把形状尺寸固定下来。

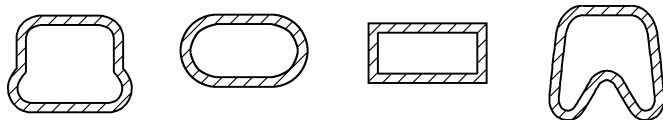


图4-1 异型管材

2) 中空异型管材。如图4-2所示，中空异型管材的特点是有有一个或几个中空室，各部分的壁厚往往有所不同，大多有筋和拐角，主要用于硬质聚氯乙烯的建筑材料构件。

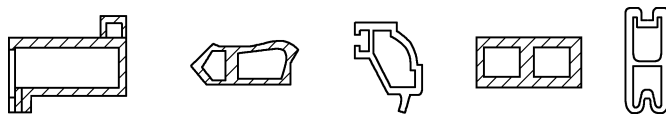


图4-2 中空异型管材

3) 隔室空腔异型材。如图4-3所示，隔室空腔异型材的特点是同时有中空室和筋，大多数多腔异型材的各部分壁厚不相同，结构不对称，并有凸缘（或支边），且带锐角。隔室空腔异型材是数量和品种最多、用途最广的中空异型材，广泛应用于车辆制造、建筑材料、家具构件、门窗框中。

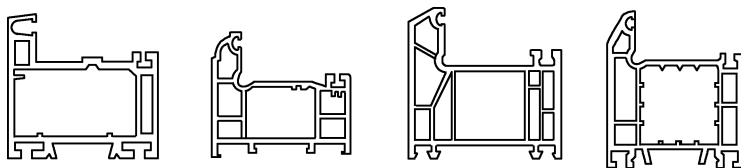


图4-3 隔室空腔异型材

4) 开放式敞口异型材。开放式敞口异型材的特点是基本无中空室或个别有一至二个中小空室,完全开放,如角形、工字形、槽形等,形状和壁厚复杂多样,它是异型材中最基础的制品,主要用作住宅天花板围条、门槛、雨水槽、窗框、配线槽、密封条、嵌条、玻璃密封嵌条、文具夹、超市标价牌等,以聚氯乙烯制品最多,在建筑材料中应用最广,如图4-4所示。

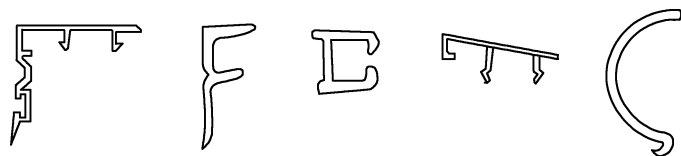


图4-4 开放式敞口异型材

5) 共挤拼合异型材。如图4-5所示,共挤拼合异型材涉及的面很广,如硬塑与软塑的拼合、不同塑料品种的拼合、不同颜色塑料的拼合等。

共挤拼合异型材主要是采用共挤出法成型的。它可以是相同材质不同颜色的塑料或软质与硬质塑料共挤出,也可以是不同材质的塑料复合共挤而成的制品。它能满足一些特殊性能的需要,如骨架增硬、软硬结合、不同颜色搭配等,广泛用于制作家具、家用电器、建筑材料构件。

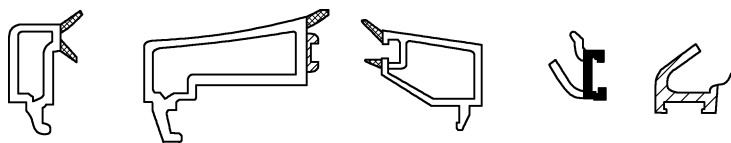


图4-5 共挤拼合异型材

6) 镶嵌异型材。如图4-6所示,镶嵌异型材是把不同品种或不同颜色的塑料部分或整面包覆在原塑料或金属线、条、纤维线、绳等表面并牢固粘贴紧,把这些不同材料、不同结构、不同特性的材料镶嵌到塑料内,以弥补塑料强度不够的缺点,充分利用两种材料的优点制作出全新的产品,满足不同地方的不同需要。



图4-6 镶嵌异型材

(2) 塑料异型材的用途 塑料异型材由于具有质轻、耐光稳定性好、防老化、透明度高、绝热、耐腐蚀、强度高、韧性好、承载性能好、装饰性强、安装方便等优点,因此发展迅速,应用领域不断扩大,被广泛地用作门框、门板、窗框、卷闸门、护墙板、窗帘盒、挂镜框、灯罩、屏风、楼梯扶手、配线槽板、地板条、仿木地板、镶边条、密封条、雨板、集成电路套、家具配件、柜橱、桌子、公园庭院栅栏、亭架、长椅、各类密封条、阳光板、雨板、各种代木和代钢机械零配件等。根据用途不同,塑料异型材可选用聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯和ABS等各种塑料制作。其中聚氯乙烯使用最为广泛,占总用量的80%。而高密度聚乙烯、聚甲醛、尼龙由于成型性能差,应尽量不用或少用。各种异型材用塑料的成型性能

比较见表 4-1。

表 4-1 异型材用塑料的成型性能比较

树 脂	成 型 性
硬聚氯乙烯	优秀
ABS、耐冲击聚苯乙烯、聚异质同晶体、醋酸纤维、丙酸纤维素、乙基纤维、聚碳酸酯	很好
一般的聚苯乙烯、聚丙烯、乙烯-醋酸乙烯共聚物、软聚氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯	良好
聚氨酯、低密度聚乙烯	较好
高密度乙烯、聚甲醛、尼龙类	差

(3) 塑料异型材截面形状设计的合理性 在异型材设计中，要注意壁厚以及圆角、加强筋等设计的合理性，稍有疏漏，就会带来成型方面的巨大困难。可参照图 4-7 异型材结构设计的合理性进行设计。在机头设计前首先要把形状设计好，以确保使用性能不降低为原则。

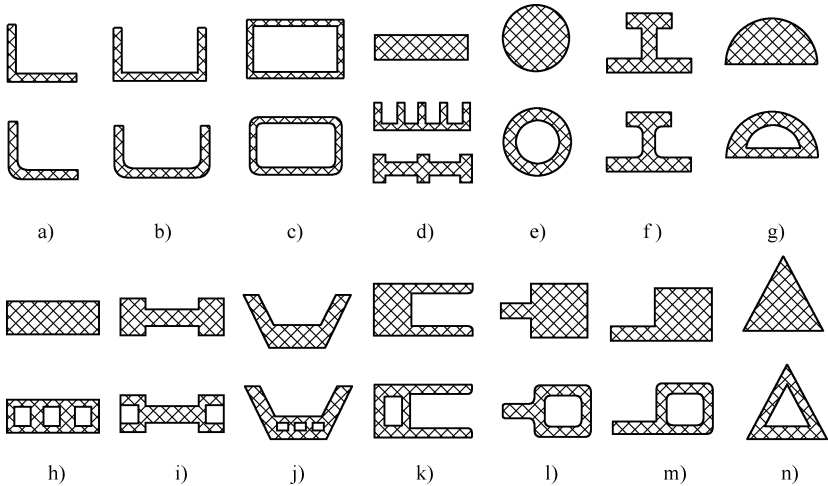


图 4-7 异型材结构设计的合理性

a)、b)、c)、f) 带圆角 d) 设加强肋 e)、g)、h) 设计成空心状
i) 两侧带凹槽 j) 底部设空心槽 k)、l)、m)、n) 设计成空心槽

注：各分图中上图表示不合理，下图表示合理。

如图 4-7 所示，异型材形状的设计中有三大问题必须注意。

- 1) 锐角处的圆弧过渡问题。从图 4-7 中可知，图 a、b、c、f 异型材都有锐角存在，这些锐角（直角）必须要有一定大小的半圆弧过渡，否则就会引起应力集中，造成制品在使用时开裂。
- 2) 异型材的厚度问题。异型材的厚度如相差过多，将导致成型困难、收缩不平衡、应力过于集中，从而使制品容易变形开裂。如图 4-7 中的 d、e、g、h、n 异型材，由于局部或整体厚度过大，成型困难，就是成型了也会产生很大的内应力，使产品变形开裂。只有改成合理的形状后再制模生产才会顺利成型，生产出合格产品。
- 3) 壁厚均匀性问题。在同一种制品中，各部位的厚度不能相差太多，否则收缩不均匀，就会产生内应力使产品严重变形。如图 4-7 所示，应尽量改成下图形状才合理。

4.2 异型材成型设备

4.2.1 异型材成型生产线

异型材成型生产线, 主要由挤出机、机头、定型冷却装置、牵引装置、切断装置、堆放或收卷装置等组成, 如图 4-8 所示。

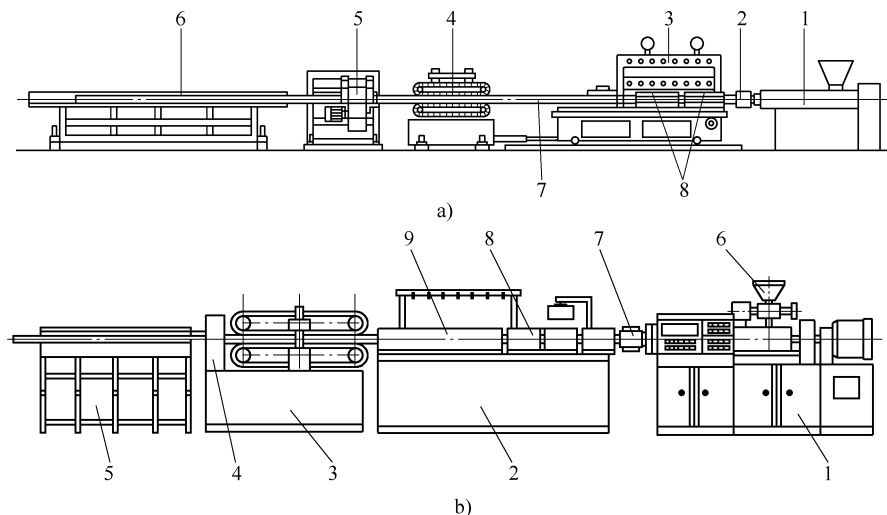


图 4-8 异型材成型生产线

a) 普通塑料异型材挤出成型生产线

1—挤出机 2—机头 3—冷却定型装置 4—牵引装置 5—切割装置 6—堆放架 7—异型材 8—定型模

b) 门窗及复杂异型材挤出成型生产线

1—挤出机 2—定型台 3—牵引机 4—切割机 5—翻料机 6—加料器 7—挤出机头 8—定型模 9—冷却水箱

塑料异型材生产线主要有挤出机、机头、真空定型冷却装置、冷却水槽、牵引机、切割机、制品堆放平台等。冷却水槽和真空装置根据需要配置, 制品堆放平台也可按需要确定, 有的带状、条形软质产品也可改配收卷机。塑料异型材挤出生产线如图 4-9 所示。

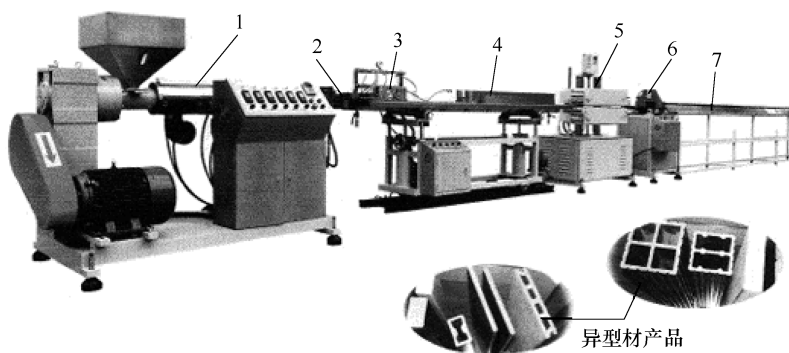


图 4-9 塑料异型材挤出生产线

1—挤出机 2—机头 3—真空定型冷却装置 4—冷却水槽 5—牵引机 6—切割机 7—堆放平台

由于异型材形状复杂，种类繁多，大小不一，变化极大，所以采用的挤出机、机头、真空定型冷却装置、冷却水槽、牵引机、切断机区别都很大，应根据具体的产品形状和大小来选择相关配套设备，以满足产品成型的需要和生产工艺的要求。

异型材生产的主机和辅机与管材生产既有许多相似之处，又有特殊性和不同的地方，应从实际出发，合理设计和配套。

4.2.2 异型材挤出机

一般成型截面比较小的异型材用单螺杆挤出机。单螺杆挤出机不能用粉料生产，需先经混合塑化挤出造粒，用粒料再挤出成型。单螺杆挤出机的螺杆选用等距不等深的渐变型，长径比为 20~25，压缩比为 3。一般单螺杆挤出机选用螺杆直径为 45mm、65mm、90mm 为宜。由制品的大小确定挤出机的规格。当以硬聚氯乙烯为原料，生产塑料门框、窗框、门面板，特别是用粉料直接成型大规格异型材时，应选用双螺杆排气式挤出机（平行异向双螺杆挤出机和锥型双螺杆挤出机）。它可直接用混合均匀的粉料投入机筒生产，这样既节省造粒工序、工时，减少能源消耗，又可提高生产效率。异型材最大宽度与锥形双螺杆挤出机型号的关系见表 4-2。

表 4-2 异型材最大宽度与锥形双螺杆挤出机型号的关系

锥形双螺杆挤出机型号	SJSZ-55	SJSZ-65	SJSZ-80
异型材最大宽度/mm	180	300	1200

(1) 平行异向双螺杆挤出机 平行异向双螺杆挤出机的螺槽深度是不变的，在螺杆加料段，由于螺距不变，螺槽容积不变，所以物料压力没有增加。但是，温度由于外部供热而增高。物料进入压缩段后由于螺距的变化，压力增高。塑化段螺距最小，物料在热、挤压和剪切作用下熔融塑化，然后进入排气段。排气段螺距最大，由于螺槽容积大，物料在此得到松弛，使各类气体物质从排气口排出。螺杆均化段的螺距较小，物料压力再次增高，脱气后的物料在此均化、输送，经机头过渡体进入机头。平行异向双螺杆挤出机各段压力变化曲线如图 4-10 所示。

平行异向双螺杆挤出机采用强制输送，效率高，混合、塑化效果好，物料停留时间短，两螺杆相互摩擦可分离黏附的物料，有自洁作用，物料输送不受机头背压影响，适合热敏性、热稳定性差的 PVC 挤出。

(2) 锥形双螺杆挤出机 锥形双螺杆挤出机不仅因两螺杆轴线夹角能带来宽裕的传动布置空间，锥形也使螺杆后部加料段的直径变大，因而螺槽容积大，加料量大。螺杆和机头表面积大，有利于物料的传热。锥形螺杆的螺槽容积，由后向前是逐渐减少的，可让物料连续平缓地密实、塑化，这是非常有利的。此外，加料段和紧随其后的压缩、塑化段螺杆直径大，使该处的线速度高，有利于机械能的转换，加速物料温度增高、塑化（在双螺杆的挤出过程中，物料熔融所需的能量，通常 90% 以上是通过驱动系统输入的机械能转化来的）。而螺杆的前部挤出段的直径小、线

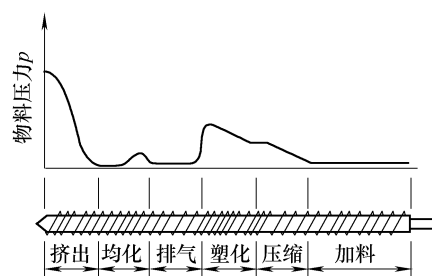


图 4-10 平行异向双螺杆挤出机各段压力变化曲线

速度低,使物料熔体承受的剪切作用小,所受热损伤危险也小。挤出段的直径小,使得挤出机头背压施加于螺杆的轴向力小,而螺杆后部直径大又使螺杆强度高。因而锥形双螺杆挤出机特别适用于PVC类热稳定性差的物料加工,无论挤出量高、低,都能得到稳定的制品质量。此外,锥形双螺杆挤出机还有总能耗低,机器总长度短,占地面积小的特点。

4.2.3 异型材辅机

异型材辅机除机头外,其他辅机基本与管材用配套辅机相同或类似。

(1) **异型材机头** 机头又叫成型模具,原料在挤出机的机筒内经塑化成熔融状态后,被转动的螺杆推入成型模具内。此时呈圆柱形熔料在模具空腔内向前移动,随着模具内型腔截面积形状的变化而逐渐变形,变成接近制品形状的截面,从模具的唇口挤出成型制品型坯,再经过冷却定型后就可获得需要的制品。机头必须具备一定的压力,才能使制品密实、有一定的强度和硬度。但机头压力也不能过大,否则熔融料在口模处离模膨胀现象严重,表面质量较差。所以压力要适中,质量才稳定。其他有关机头设计和使用情况将在机头设计的专项介绍中再详细论述。

(2) **异型材定型模** 多数异型材制品都用真空定型法定型。定型模分为冷却部分和定型部分,较长的和较大的定型模一般是冷却与定型交替设置,一段真空室,一段冷却水室,再一段真空室,一段冷却水室,如图4-11a所示。图4-11b所示为PVC-U窗框真空定型模结构。定型模也可以采用组合室设置,外围为真空室,内部为冷却水室(钻水孔)。图4-12和图4-13所示是较复杂异型材真空定型模结构示意图,供广大读者设计时参考借鉴。

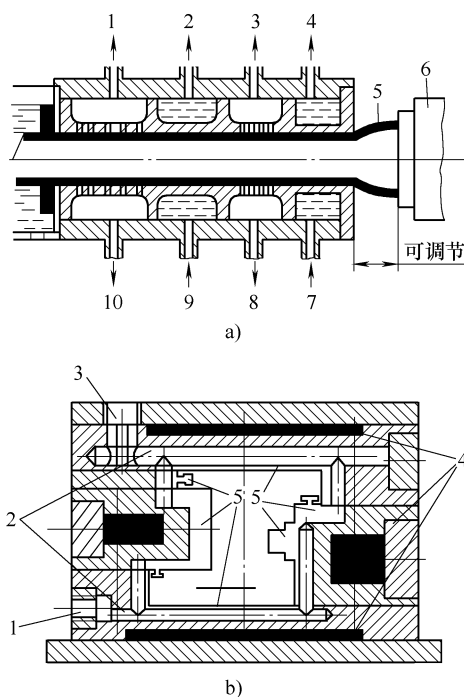


图4-11 异型材定型模

a) 异形管真空定型结构

1、3、8、10—抽真空口 2、4—热水出口 7、9—冷水进口 5—熔融管坯 6—机头口模

b) PVC-U窗框真空定型结构

1—真空接口 2—真空通道 3—真空接口(上) 4—冷却通道 5—真空缝隙

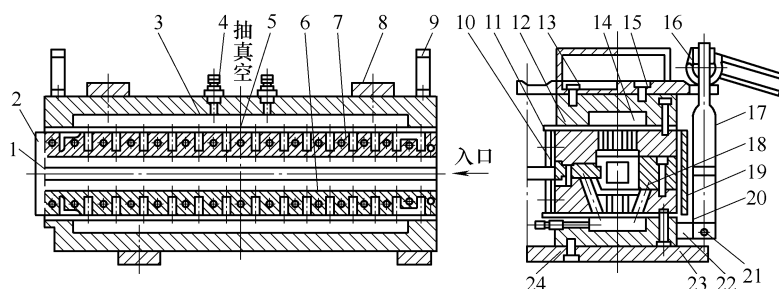


图 4-12 异型材真空定型模结构

- 1、11、13、15、18、24—内六角螺钉 2—端板 3—盖板 4—抽真空嘴 5~7—型板
8、19—压板 9—吊环 10、14—侧型板 12—垫片 16—锁紧机构 17—拉杆
20—铰链 21—下转挡 22—滑块 23—底板

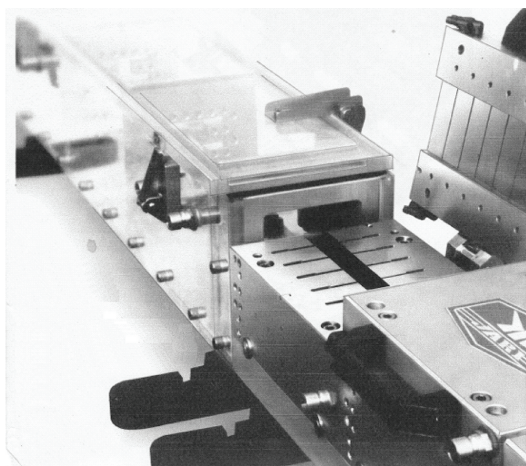


图 4-13 复杂异型材多个真空定型模串联

真空定型的原理：异型材的四周在定型中自始至终都处于真空区，受到负压作用，大气压迫使异型材外壁与冷却定型模壁接触，达到定型冷却的目的。这种定型方式使异型材冷却定型较均匀，尺寸精确度易保障。一般真空开口部分用线切割开槽，槽的宽度为 0.5 ~ 0.8mm，也可以钻小直径孔。定型冷却段的长度要根据挤出产品的壁厚和挤出速度而定。冷却水必须是循环水，可以把热量带走。如门、窗异型材比较复杂，用多个真空定型冷却模串联组合定型冷却，如图 4-13 所示。为了保证产品直线度，在后面水槽中还要安放若干个与定型模在同一直线的定直块防止变形弯曲。

1) 真空定型冷却装置由冷却定型台、真空系统、水冷却系统、移动系统和操作控制系统等组成。

① 冷却定型台。用于安装定型模、真空系统、水冷系统、移动系统。台架要能上、下、左、右移动，以方便与挤出机头校对中心线。冷却定型台的长度应能满足水箱长度的需要。目前水箱长度短的只有 2 ~ 3m，长的有 10m 以上。

② 真空系统。由一台或者多台真空泵、气水分离器、管路、表阀和快换接头组成，再

通过软管和快换接头与定型模连接。在真空负压作用下，使进入真空定型模且处于软化状态的料坯紧紧吸附在定型模的模框上，经过吸附冷却而获得理想的形状和尺寸。通常真空度为 $0.04 \sim 0.08 \text{ MPa}$ 。真空度过大，会增加牵引负荷，降低产量。这是由于吸附过紧牵引力不足不能正常牵引前进，料坯进入定型模受阻，导致口模与定型模之间料坯堵塞。但真空度过小也不行，会造成吸附不到位，产品成型困难，无法保证制品的外观质量和尺寸精度。

③ 水冷系统。由水泵、水箱、管路、表阀和快换接头等组成。定型模的冷却水通常设计为从定型模后面进入，从前端流出，使水流方向与型材挤出前进方向相反，达到型材缓慢冷却的目的。这样内应力较小，同时定型模前端温度高，料坯易进入定型模。水温控制在 20°C 以下效果较好，而且水压要保持稳定。

④ 根据异型材的大小、厚薄程度、牵引速度高低，真空冷却定型模可设置一段或多段串联定型，以保证制品的形状和尺寸。

⑤ 移动系统。移动系统是拉动整个冷却定型装置前后移动的一套系统。一般采用电动推杆系统，电动机经减速箱带动丝杆旋转，经螺母带动整个定型台在轨道上前后移动。通常应设置快动和微动两套操作，小型异型材有时也有用手动操作方式。

⑥ 冷却与校直（装在水箱内）。有些形状复杂、壁较厚的异型材，由于冷却定型不彻底，有内应力存在，离开真空定型模后会再次产生变形。所以在出真空定型模后，在较长的冷却水槽或喷淋水槽中会设置几组校直装置（要求与真空定型模在一条中心线上）。这些校直装置防止了型材在后收缩冷却过程中的变形，从而可以得到很直的异型材制品。

⑦ 操作系统。操控系统包括控制盘及线路元件。控制盘上安装了控制整个异型材辅机运作的按钮开关和显示其运行状态的仪表。控制盘安装的位置应方便操作者在观察塑料异型材成型过程的同时还能进行操作。

2) 卡板式水冷定型装置如图4-14所示。在水槽前端安装卡板式水冷定型模，坯料进入卡板定型孔时，由于定型腔与坯料有较大间隙，从水槽溢出的水先冷却进口部位，初步预冷定型后进入定型板型腔。如果预冷不充分，型腔间隙溢出的水太少，可在上定型板钻通孔，

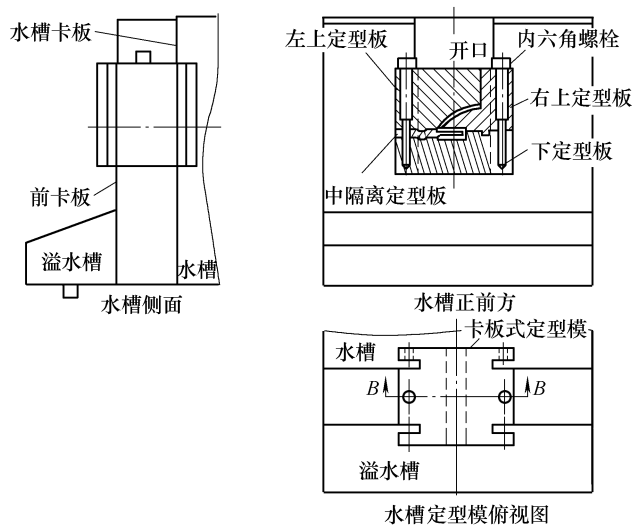


图4-14 卡板式水冷定型装置

从水槽引水到模口增加预冷水量，使坯料充分预冷后再入型腔定型。

3) 直接下水冷却是指不用真空和定型板的软质简易异型材，如敞口异型材、拉链条、密封条以及热熔胶条等，在坯料出模后直接进入水槽冷却定型。

4) 多板式定型法多用于实芯异型材和带敞口形状的异型材。它的结构是在一水槽中固定排列数块定型板，异型材从一排由前到后顺次缩小的定型孔中通过，一边冷却，一边定型，如图 4-15 所示。这种定型方式虽然结构较简单，但要把握好各种材料收缩和膨胀的关系，才能保证最终制品尺寸的精确度。

5) 滑动定型法主要用于开放或扁平的异型材。滑动式定型模一般由上下两块对合的扁平金属模组成，如图 4-16 所示。定型面的形状与制品形状一样，上下模里通冷却水。上模靠弹簧或平衡锤调节并被施加一定压力，以达到既要使制品与模接触，又要控制定型模对制品的摩擦力不要过大。制品沿牵引方向被直线牵出。每块滑移板的上板都抽真空定型，以确保形状稳定。

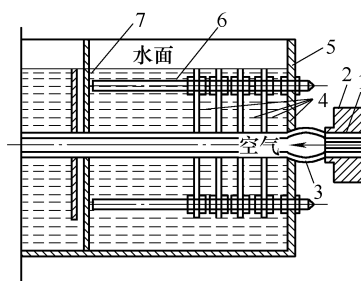


图 4-15 多板式定型法

1、2—金属 3—异型管材
4—定型模板组 5—冷却水槽
6—定型板支承柱 7—橡胶密封板

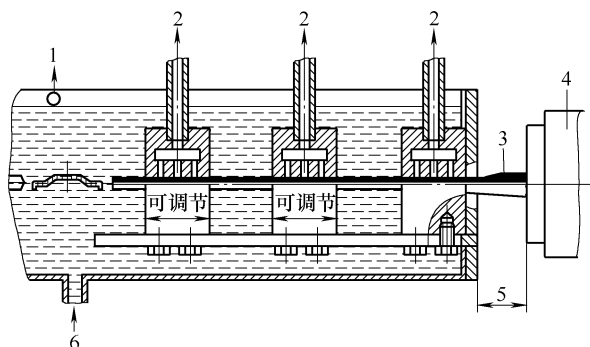


图 4-16 敞口异型材的真空滑动定型

1—冷却水出口 2—真空吸附 3—熔融物料 4—口模 5—滑动调节 6—冷却水入口

6) 加压定型法是指机头挤出圆管坯时，通过定型板一边冷却一边定型加压变成异型管，或将挤出的片材通过滑移式定型模折弯成型，最终成为所需要的异型材截面形状。

7) 内芯定型法。一般都是简易的中空制品采用内芯定型法。它是在机头的芯棒上加一块定型棒或块，通过内芯冷却定型获得需要的制品。对薄中空型异型材，可以把芯棒制长点，使芯棒伸出口模外有一定长度，一般按型材壁厚的 10~30 倍加长芯棒。型材出模后直接用水冷却，冷却过程中由于有加长芯棒支承，型材可得到稳定控制不变形。

8) 滚压定型法。如汽车玻璃升降齿带、自动扎紧打包齿条带、仿藤条压花等，都是把定型压齿、压花和牵引合为一起，把钢制滚轮表面加工出齿形或花纹，通过滚压成型。一般采用轮式牵引机（一对轮子组成），把胶轮改成不锈钢轮。此法把牵引与滚压成型合在一起，挤出的坯料首先经水槽初冷却定型后，再进入牵引滚压最后滚压定型为所需制品。有时

也采用瓦楞辊滚压定型来制作塑料瓦楞板。

定型冷却模的长度要根据异型材的壁厚、形状复杂程度、材料的冷却快慢、牵引速率的大小来确定。要以保证冷却充分、不再后变形为原则。有些制品一个定型冷却模就可以，有些则需要两个或者多个定型冷却模串联。

(3) 牵引装置 异型材的牵引由牵引机完成。小型实心软质异型材用滚轮式和橡胶带式牵引机，较大和复杂的异型材用履带式牵引机，履带橡胶块可制成与产品形状相对应的形状。

牵引比是指口模与模之间的间隙面积与型材制品截面之比。几种常用塑料在挤出型材时的牵引比见表 4-3。

表 4-3 常用塑料挤出型材时的牵引比

名称	硬聚氯乙烯	软聚氯乙烯	高密度聚乙烯	聚碳酸酯	尼龙-1010	ABS
牵引比	1.04 ~ 1.1	1.2 ~ 1.3	1.05 ~ 1.1	0.9 ~ 1.05	1.4 ~ 1.5	1.0 ~ 1.05

牵引比的大小反应牵引速度的大小，牵引速度的大小直接影响制品的断面形状和制品的壁厚。正常生产时，为保证牵引比，牵引速度应比制品的挤出速度稍快些，通常稍快 1% ~ 10%。牵引速度过快，牵引比增大，制品壁厚变薄，断面尺寸变小，制品纵向收缩率增大，从而影响制品的尺寸精确度和使用性能，严重时还会使制品拉裂或拉断。牵引速度过慢，制品厚度加大，严重时物料在定型模前会产生堆积现象，造成不能正常生产。牵引速度不均匀，制品产生周期性变厚或变薄，成为波浪形的不合格产品。牵引速度的选择，主要依据挤出机的挤出量和制品的每米重量来定。牵引速度要均匀、稳定，并能无级调速。

1) 滚轮式。主要用于开式异型材和软质实心异型材，缺点是牵引力小，易打滑。滚轮可制成平面外圆，也可制成与开式异型材相一致的表面形状。这样可以增大接触面积和摩擦力，牵引平稳不打滑，同时也不会压坏异型材表面形状。

2) 橡胶带式。双轮外套橡胶带、上下双带间距可调的牵引机，因与制品接触面积大、橡胶带表面为柔软、不易损伤制品，被广泛应用。牵引机胶带上、下夹紧平面应平行，夹紧力通常用气缸通过进气量和进气压力来调节，以保证夹紧不打滑。

3) 履带式。履带式的橡胶块可制成平的，也可制成与挤出制品相对应的形状，以增大接触面积和摩擦力，同时又不会压坏制品表面。一般采用一对平行履带牵引，它牵引力大所以应用广泛。橡胶块通常为平面，如图 4-17a 所示。对一些截面形状特殊的异型材，可换成特制的橡胶块，以确保压紧面积足够又不至于变形，如图 4-17b 所示。

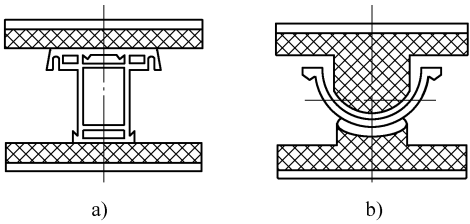


图 4-17 不同形状的橡胶块夹紧异型材

(4) 切断收存装置

1) 切断装置。一般软质小型异型材用刀片快速旋转切断，硬质中空、空腔类异型材用钢锯片或砂轮片切断。被气缸压紧、由电动机带动高速旋转的圆锯片（或砂轮片），在制品被夹紧后，在导轨上与型材同步向下游移动，圆锯片完成切割进程后，夹紧机构松开，装有圆锯片（或砂轮片）的锯切箱自动回位到起点位置。

2) 收卷机。一般软质异型材所用的收卷机通常为双盘自动排列、自动换盘, 可以实现不停机换盘。因为有自动排列装置, 型材就会一层层排列卷绕在卷筒上, 不会错乱。

3) 堆放架。硬质异型材用钢锯片或砂轮片切断, 切断后要整齐堆放在堆放架上。堆放架由机架、翻转板和翻转气缸组成。型材在牵引装置驱动下, 沿翻转板向前移动, 在触到设置在翻转板中间位置的行程开关后, 立即发出切割信号。型材在切割装置处被切断。切断后的型材在未切断的型材推动下, 继续在翻转板上向下游方向运动, 直至接触设置在翻转板末端的行程开关。此时翻转气缸动作, 翻转板下翻, 型材自动落入机架堆放处, 翻转板再由气缸复位。堆放一定数量后打包入库。

4.3 异型材机头设计与试模修正

4.3.1 异型材机头的设计原则和要求

设计异型材除了要考虑使用场合对形状、尺寸的需求外, 还要考虑塑料收缩率、树脂流动现象、模具的线型结构和模唇形状与制品的关系, 这些都是不可忽略的重要因素。因此, 侧面形状设计应遵守如下基本原则。

1) 根据异型材的断面形状, 正确合理地确定机头的结构型式。在物料进入口模成型段前, 必须设计压缩段, 使物料被压缩以增加剪切力和压力, 同时成型直线段的长度要适当。通常厚壁部分要尽量长些, 薄壁部分要短些。

2) 机头设计要选择合理的断面形状和尺寸精确度, 而且要保证有足够的定型长度。

3) 机头体内的型腔流道应是流线型, 避免在型腔内有突变区, 料流应畅通无死角阻碍。

4) 在满足成型要求的前提下, 机头的设计越简单越好, 且要求上下左右尽量对称, 有利于均衡传热加温。

5) 在满足强度要求的前提下, 机头结构要紧凑轻便, 拆装维修容易。

6) 要与主机、辅机配合良好, 有利提高生产效率, 确保产品质量优良。

7) 选用的材质应能满足强度、刚度的要求, 且耐磨损、耐腐蚀、导热性能好、易加工。

8) 设计快捷经济, 制造成本低, 模具使用寿命长, 口模出胶平稳, 周边速率一致。

9) 型腔流道的表面粗糙度要求在 $Ra0.4$ 以下, 不许有麻面、丝痕、波纹、闷光等缺陷。

10) 异型材的形状要尽量简单, 形状复杂料流速度不均, 再加上厚薄不均, 会使各处流速、压力降均不相同, 增加试模修模难度, 而且制品厚薄不均, 会导致冷却不均匀, 又容易造成翘曲、尺寸不稳定。

11) 异型材的壁与壁、壁与筋的交接处(转角部分)都要圆角过度, 尖角易产生应力集中, 制品受力会产生冲击破裂现象。可参考图 4-18 所示进行设计。

12) 应避免异型材表面产生收缩痕。收缩痕通常出现在加强筋的反面或壁厚位置, 它是由物料的收缩差异而引起的。为防止出现收缩痕, 保证外观质量, 在制品设计中应尽可能使壁厚均匀。内加强筋的壁厚一般比本体的壁厚薄 20% ~ 30%, 或在易出现收缩痕的部位

上设置凸缘补缩，筋处开小槽或平面布花纹掩盖，如图4-19所示。

13) 对软硬共挤塑料制品，如不同塑料拼合，同一塑料的不同颜色拼合，塑料与金属、纤维、铝、铜等拼合，一般都是多机头共挤，熔融料的合流一般在直线定型段的开始部分。若是软硬胶合流，要在平直段再走一段距离到口模出胶端合流。为提高粘合性，不产生剥离，必须保证直线定型段不能太短，个别还要有特殊接口设计或加层粘合胶以使接口牢固。

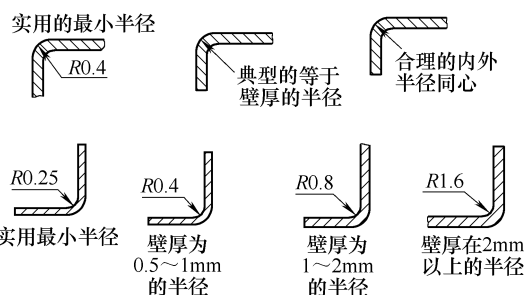


图4-18 内外转角部分的半径

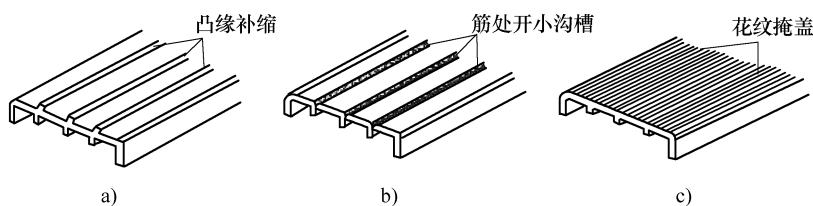


图4-19 制品表面防止收缩痕的方法

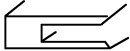
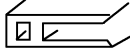
14) 为使制品稳定挤出，排除因熔体压力、电压、温度等原因引起的挤出波动所带来的制品几何尺寸的变化，在机头的主流道配备熔体泵接口，用于稳定挤出熔体的进模压力和速率。

15) 壁厚应尽量均匀，见表4-4。异型材的厚度相差过多，成型困难，收缩不平衡应力过于集中，容易变形开裂。如表4-4中的异型材，由于局部或全部厚度过大，成型困难，就是成型了也会产生很大的内应力，使产品变形开裂，只有改成合理的形状后再制模才会顺利成型，生产出合格产品。

表4-4 异型材口模形状设计比较

设计不正确	设计正确	说 明
		设加强筋
		设计成空心状
		带圆角
		设计成空心状
		设计成空心状
		两侧带凹槽

(续)

设计不正确	设计正确	说 明
		底部设空心槽
		设空心槽
		设空心槽
		设空心槽
		设空心槽

16) 形状和结构要尽量对称。异型材截面的设计要尽量简单、对称,要易于机头挤出成型和定型模定型冷却。机头内的流道应流速平衡。对不对称的制品可采用组合成型,以后再分开的方法,如图4-20所示。

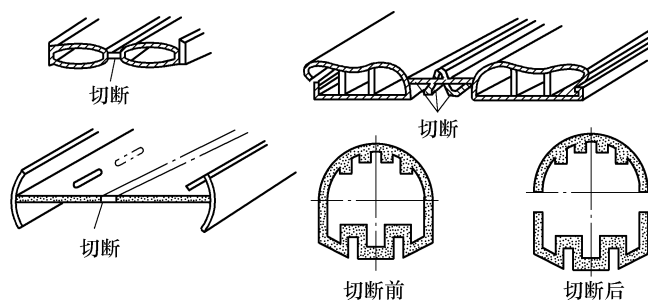


图4-20 异形材的组合成型

4.3.2 异形材机头设计的主要技术参数

异形材中塑料门窗品种多,数量大,原料主要是硬质PVC。在机头设计中要注意以下问题。

(1) **口模与制品尺寸的关系** 实际上口模与制品尺寸主要取决于成型温度、成型速度、混炼状况,一般是凭经验值来设计,在试模时不断修改不合理的尺寸。模唇的设计参考值见表4-5。一般口模与制品尺寸的关系为:宽度增加10%,高度就应增加15%。厚度和高度要在挤出试模过程中修正。模唇的设计值见表4-5。

(2) **熔融物料在口模中的流动速度** 当口模流道间隙一致,流道的长度也相等,流体是一维流动,各点的挤出量和流速都相等。若异形材截面厚度(口模间隙)不均,流道中的流体就不是一维流动,口模截面上各点流速不同。熔融物料有弹性,机头设计就复杂化。

表 4-5 模唇的设计值

物 料	宽度增加值(%)	高度增加值(%)	壁厚增加值(%)	成型面长/mm
一般物料	20	35	厚度一致时 20	25 ~ 38
软质聚氯乙烯	20	30	厚度一致时 12.5 厚度不同时 13.2	
硬质及含少量增塑剂的聚氯乙烯	1	1	1.1	
聚乙烯	10	20	0(试车中修正)	1.3(镀硬铬)
醋酸纤维素	20	20	厚度较大时 >10	25 ~ 38
丁酸纤维素				
聚苯乙烯				

(3) 口模成型段的长度 异型材口模壁厚差异较大时，壁厚部分定型段应尽量长些，壁厚部分定型段应尽量短些，以使阻力分布均匀。几种塑料口模成型段的尺寸见表 4-6，其中定型段长度以 L/h 表示。口模间隙与熔料流量的关系如下：①口模流量与口模定型段长度成反比。②口模流量与口模间隙的三次方成正比。成型段的长度影响机头压力和生产率。若成型段长度 L 过小，生产挤出率高，挤出压力小，制品不密实，各个部分的内应力得不到缓和，料流不均衡，制品会变形。若成型段 L 过长，产出率低，挤出压力大，剪切力大，熔体易破裂。口模间隙值的确定，取决于壁厚和离模膨胀比、成型中的拉伸比、制品的收缩率。如异型材口模的间隙既有 1.5mm，又有 3.5mm 时，则 3.5mm 厚度的成型面长度应该是 1.5mm 厚度的成型面长度的 8 倍以上。厚薄型腔要分开隔断，否则流道出胶压力、流速无法控制。

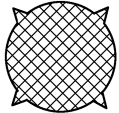
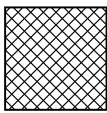
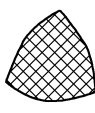
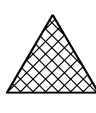
表 4-6 几种塑料口模成型段的尺寸

物料种类	L/h	H/h	物料种类	L/h	H/h
软质 PVC	6 ~ 9	0.85 ~ 0.9	醋酸纤维素	20	0.75 ~ 0.9
硬质 PVC	20 ~ 70	1.0 ~ 1.1	聚苯乙烯	20	1.0 ~ 1.1
聚乙烯	16	0.85 ~ 0.9			

注： L 为成型段长度， H 为制品的厚度， h 为口模窄缝的间隙。

(4) 口模形状与制品截面形状的关系 异型材在挤出过程中，熔体的截面形状离开口模时会发生畸变，使得挤出的型坯与口模形状有很大差别，这是熔体在机头流道内的流速不均、阻力不均造成的，见表 4-7。

表 4-7 口模形状与制品截面形状关系

口模形状				
	错误	正确	错误	正确
制品截面				
	畸变	合格	畸变	合格

由于流速不一致，加上出模膨胀和弹性效应，出模料坯变形很大，在机头口模设计中要根据变形规律及时修改设计方案。

(5) **收缩率** 为消除机头的分流痕及多孔板痕,在物料进入口模成型前,应加以压缩,以增加剪切力和压力。目前对收缩率无统一规定,但收缩率处理不当,会影响制品的表面状态和挤出量。虽然熔料出模后膨胀和弹性效应会使尺寸稍有增大,但因料坯定型前要进行拉伸和冷却,尺寸会缩小,所以口模型腔要大于制品尺寸,如图 4-21 所示。

(6) **异型材厚度** 对厚度严重不均、成型困难的外形,要在不影响使用性能和强度要求的情况下,首先进行改良设计,再设计挤出机头。特殊情况要加厚的部分最好也不能超过 50% 的厚度,并在设计时型腔要作技术处理。如对叠板式机头,厚的部位是常规部位的 150%,考虑到厚的部位出模膨胀比常规部位大,口模间隙应按 130% 设计,并在口模后的模板相对应的厚度部位按 110% 常规厚度部位设计,以起阻压作用,防止厚度部位出胶压力过大。

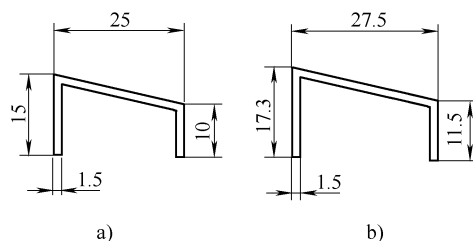


图 4-21 槽形型材

a) 制品尺寸 b) 口模尺寸

(7) 异型材机头流道设计的基本要求

1) 要有正确的出口截面形状。异型材机头挤出的型坯,与最终产品截面形状还有差别,只是近似形状。型坯在出模后还受到三种因素影响和作用:离模膨胀、拉伸变形、冷却收缩。在设计过程中对这些因素要综合考虑。

2) 要让型材坯料均匀地挤出。应使模出口各部分的流道平均流速相等(即流速分布均匀),否则在同样的牵引速度下,离开机头后的型坯各部分的形状就会产生不一样的变化。尤其是异型材的各种功能块,其结构大多是不规范的几何形状,要得到均匀的流速分布,就必须对各流道的阻力进行调整。通过多次试模调机和修模,最终获得稳定的试模、修模效果,达到制品合格的要求。

3) 需要产生适当的背压。挤出机螺杆与机筒之间的塑料,只有在一定的压力下才能达到塑化要求,机筒内的压力称为背压。背压的大小由机筒熔体通过机头时产生的压力降所决定。背压过低会导致塑料塑化不良,无法保证制品的物理性能;而背压过高将消耗更多的动力,造成设备损坏。可通过机头流道的结构进行合理设计,来调整和改善坯料挤出机头的背压。一般背压不得低于 3~5MPa。

4) 流道的变化应尽量平缓。流道型腔壁面应呈流线型,不允许有突变,也不允许有沿料流方向改变的扩张角或收缩角。若产生了沿料流方向的扩张角或收缩角,一般要求不得超过 15°。流道的变化应尽可能均匀,让熔体料流平缓加速,避免减速。

5) 型材坯料在离开机头之前应有足够的纯剪切流动过程,以使料流在机头流道的前段(分流段和收缩段)实现弹性松弛。机头流道出口前有一段较长的平直段(又叫成型段),但平直段也不能过长,否则会增大背压,增加功率消耗,同时还延长了熔料在高温区的时间,对热塑性料 PVC 不利。

6) 型腔流道壁要十分光滑。流道壁表面不但要平整光滑,而且要表面粗糙度一致,不能有缺陷,更不能有死角和毛刺,防止出现挂料现象。

7) 对中空形状的机头,熔体在通过模芯的支承架后,应有较大的压缩比(压缩比必须大于 3),以保证熔体的充分融合,防止产生支架筋的汇流痕。

4.3.3 异型材机头的结构设计

(1) 板式组合机头 I 板式叠加式机头是由几块钢板经加工后组合为一起的机头。这种机头结构,各个钢板零件加工较容易,模具组装简易方便,但每个零件的加工和装配时,必须保证每块模板组装后其中心线要在同一个轴心线上,每个钢板零件间接触处的过渡面要平滑,无滞料死角。如果有过渡死角,要用打磨头打磨成流线型。图 4-22 所示是较复杂的叠板式挤出机头结构,每块板组合用定位销定位。机头内部的流道可分四段,支架板有两块,后支架板连接分流锥,前支架板安装型芯板。从连接法兰到分流锥构成进料段,两块支架板构成稳流段,压缩板型腔与型芯板构成压缩段,口模板与型芯板的平直段构成定型段。整个流道由这四部分组成,中间的压缩段给定型段形成压力,使型坯密实,整个流道呈平滑过渡。

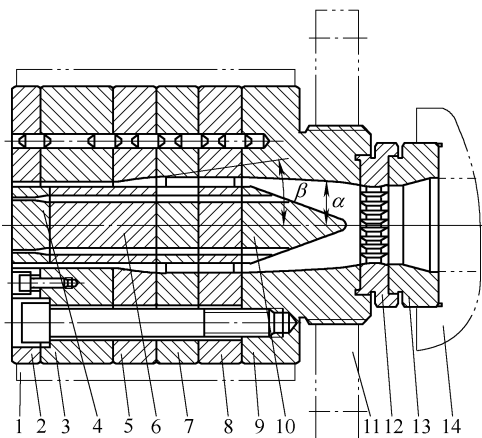


图 4-22 叠板式挤出机头结构

- 1—加热板 2—成型板 3—预成型板 4—镶件
5—压缩板 6—型芯 7,8—支架板
9—机颈 10—分流锥 11—模具法兰
12—多孔板 13—定位套 14—挤出机

图 4-23 所示的板式组合机头,也是叠加式结构,它用于挤出成型窗框,它的构成和流道结构与图 4-22 所示的机头基本相同。

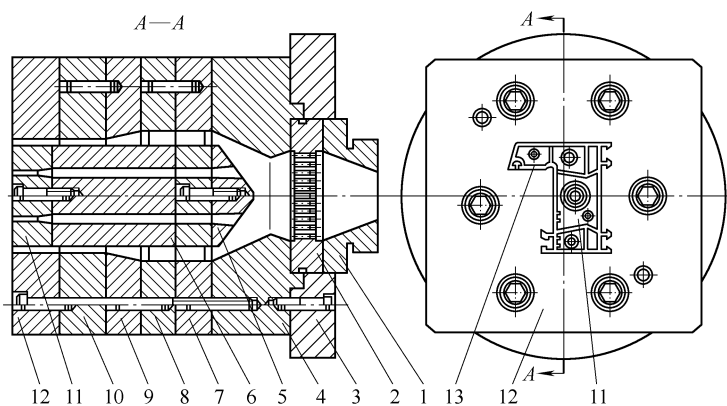


图 4-23 窗框机头内部结构

- 1—过渡套 2—多孔板 3—法兰 4—机颈 5—分流锥 6—型芯 7—支架板（一）
8—支架板（二） 9—收缩板 10—预成型板 11—型芯镶件 12—口模板 13—口模图形

(2) 板式组合机头 II 多板式机头加工制造简单,组装方便,整个流道是多块板分段组合连接而成,各模块用定位销和紧固螺栓进行定位和紧固,最终形成一个完整的挤出机头。中空型材挤出机头的典型结构如图 4-24 所示,长圆柱流道起稳流作用的中空型材挤出机头如图 4-25 所示。

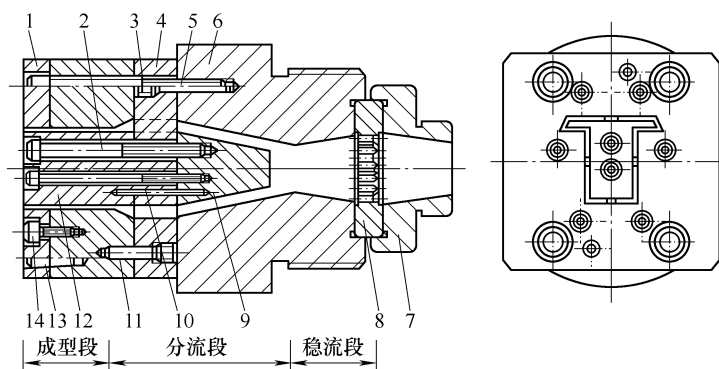


图 4-24 中空型材挤出机头典型结构

1—口模板 2、14—螺栓 3—螺塞 4—分流支架 5、10、13—销钉
6—机颈 7—过渡套 8—多孔板 9—分流锥 11—模腔 12—型芯

机头模板的厚度主要根据加工制造的方便程度和流道长度的需要而定。挤出机头的稳流段由多孔板和机颈前半段组成,如图 4-24 所示。有时也将前半段和后半段分别设计成机颈和机颈过渡板两块模板。图 4-25 所示是不使用多孔板,而将机颈前半段流道设计成长圆柱形,起稳流作用。

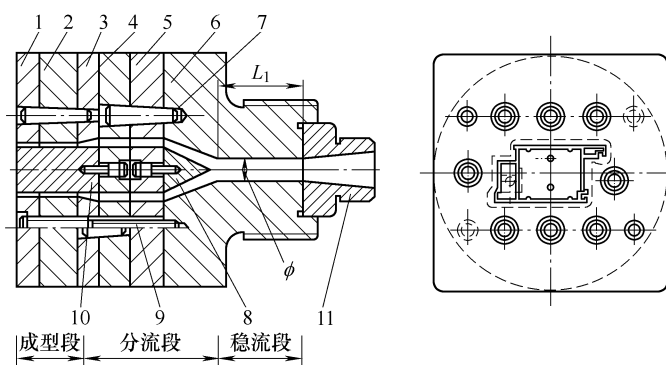


图 4-25 长圆柱流道起稳流作用的中空型材挤出机头

1—口模板 2—预成型板 3—收缩板 4—支架板(二) 5—支架板(一)
6—机颈 7—销钉 8—分流锥 9—螺栓 10—型芯 11—过渡套

① 挤出机头的分流段从机颈的后半段开始,包括分流锥、分流支架板和收缩(压缩)板。收缩板可以不单独分割成一块模板,而与预成型板组成一块模板,如图 4-24 所示。开式型材和半开式型材的挤出机头,没有分流锥,也没有分流支架板,如图 4-26 所示。

② 挤出机头的成型段涉及的模板有模腔板(又称预成型板)、口模板(又称成型板)和型芯(又称模芯,开式没有模芯)。对于简单的异型材机头,也可以将预成型板与口模板合为一块板。

③ 挤出中心选择。异型材挤出中心的选择如图 4-27 所示。

a. 选择异型材横截面的重心作为挤出中心。这样有利于熔体质量流的均匀分流,如图 4-27a 所示。

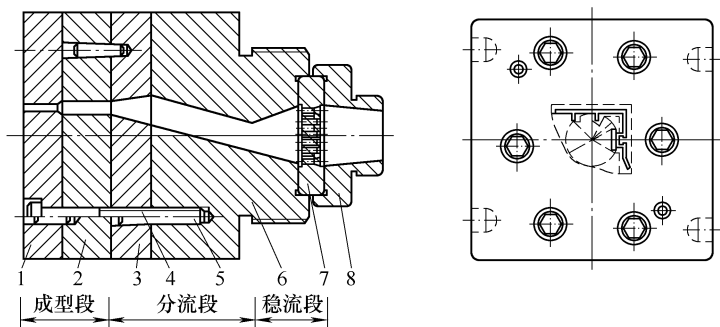


图 4-26 开式型材挤出机头

1—口模板 2—预成型板 3—收缩板 4—螺栓 5—销钉 6—机颈 7—多孔板 8—过渡套

b. 选择异型材横截面外形的中心作为挤出中心, 可以达到让熔体分流路径上的压力损失均衡, 如图 4-27b 所示。对横截面形状较为分散的异型材, 这样选择有利于整个机头流道实现均衡地分流, 对提高机头的出料稳定性有较大好处, 如图 4-27c 所示。

c. 也可选择异型材横截面的主要型腔中心为挤出中心, 如图 4-27d 和图 4-27e 所示。这样选择有利于对异型材主要部分实现均衡分流, 而对个别凸出的部分, 在流道上作特别处理, 实现整个出胶流道平衡。

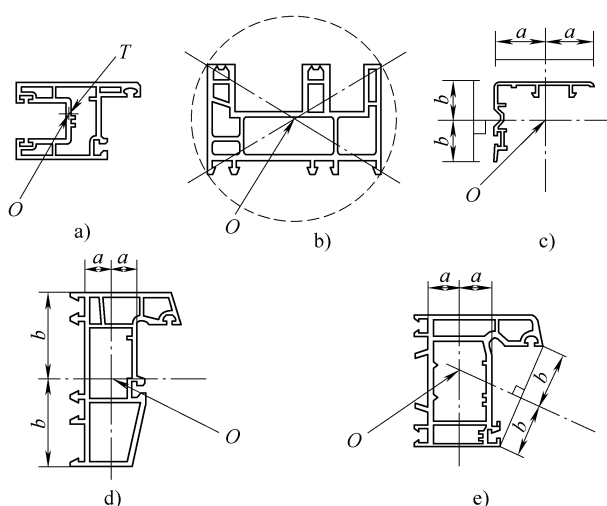


图 4-27 异型材挤出中心的选择

T—型材重心 O—型材挤出中心

(3) 内腔流线型机头设计 内腔

为流线型机头是指熔料流道空腔为流线型, 整个变形流线是在一块模板上加工完成的, 如图 4-28 所示。这种机头熔料流道面光滑, 无滞料现象, 没有板式模块组合时的接触过渡面死角。但这种流线型曲线的加工难度很大, 一般要在数控机床或电火花机床上加工, 增加了模具加工成本。这种机头没有死角停滞现象, 对敞口式异型材也可采用无型芯和无支架结构。流道的长度: 进料段等于定型段的 2 倍, 压缩段等于定型段的 2~3 倍。压缩比为 3~7 倍口模间隙, 最佳压缩角为 30° , 扩张角 $< 80^\circ$ 。口模定型段长度见表 4-5。

(4) 内筋和功能块结构设计 在机头设计时, 由于模具型腔内还夹有功能块和内筋, 要使熔料能平稳均匀地挤出, 流道设计要以先分后合为设计原则, 这样才能使这些不同形状、不同厚度的功能块、内筋、外壁组成的流道不会相互干扰、串胶, 并把这些不同类型的流道在出口定型段汇合, 以达到模唇出料均匀性好、流动稳定性强、机头压降低、熔料塑化好、停留时间短、弹性应变残余少的最佳状态。如图 4-29 所示, 相对于型材主体流道而言, 直至接近口模出口, 内筋的内流道是不与其相通的独立流道。当离出口的距离为 k_1 时, 它

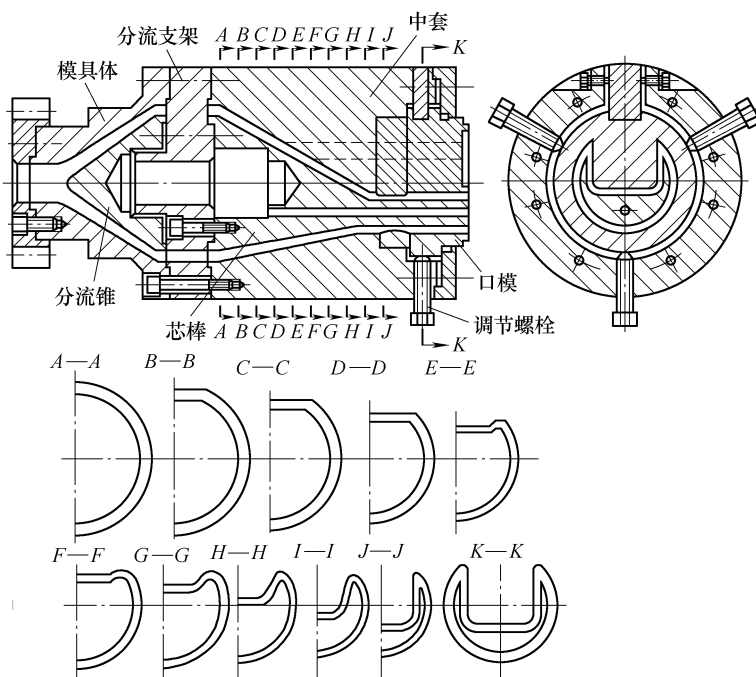


图 4-28 内腔流线型机头

才与型材主体流道相连。

支承筋 a 在流道的一侧，而在支承盘的另一侧加工出平直流道与外壁流道连通，这种内筋外流道如图 4-30 所示。由于这种流道的料流完全依靠分流支架之后的外壁流道的料流的横向流动生成，很难控制，所以一般只用于 10mm 以下内筋的流道设计。

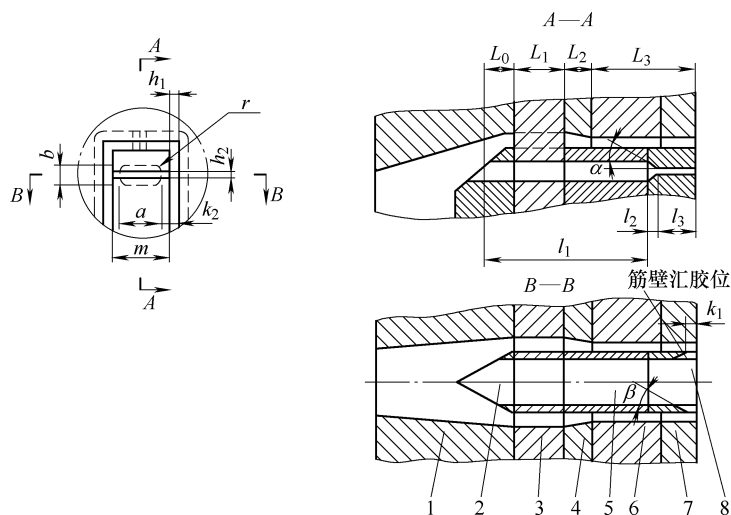


图 4-29 内筋的内流道设计

- 1—机颈 2—分流锥 3—支架板 4—收缩板 5—型芯
6—预成型板 7—口模板 8—型芯镶件

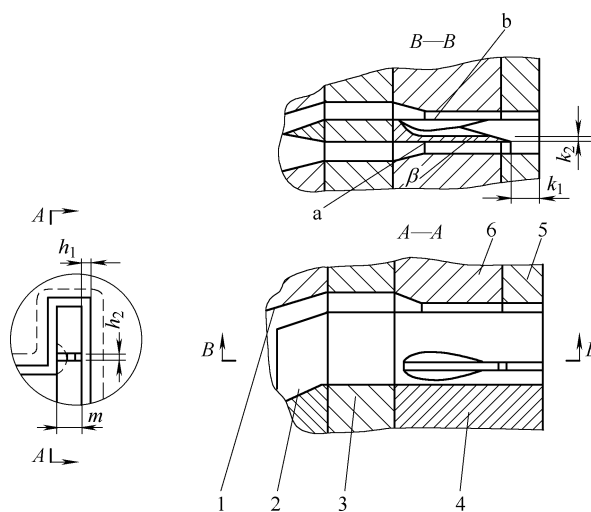


图 4-30 型芯一侧与外壁流道连通的内筋外流道

1—机颈 2—分流锥 3—支架板 4—型芯 5—口模板 6—预成型板
a—支撑筋 b—料池

图 4-31 所示为在内盘型芯上的两侧与外壁流道连通的内筋外流道。

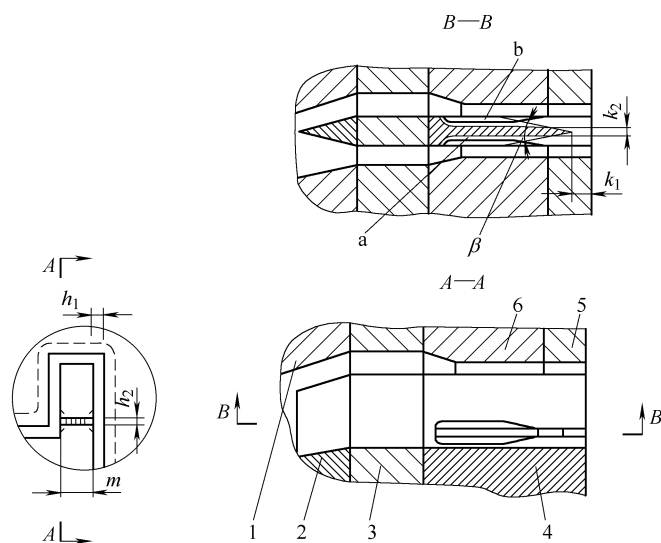


图 4-31 型芯上两侧与外壁流道连通的内筋外流道

1—机颈 2—分流锥 3—支架板 4—型芯 5—口模板 6—预成型板
a—支撑筋 b—料池

小凸筋功能块流道设计如图 4-32 所示。

较大凸筋功能块流道设计如图 4-33 所示。

一般从机颈开始就将功能块流道与外壁流道完全分离开，设计成相互独立的流道，如图 4-34 所示。这种流道可不受外壁和其他功能块流道的干扰能独立调节，最终实现在机头出口处（一般在距离口模出胶 4~6mm 处合流）与外壁一致的平均流速。

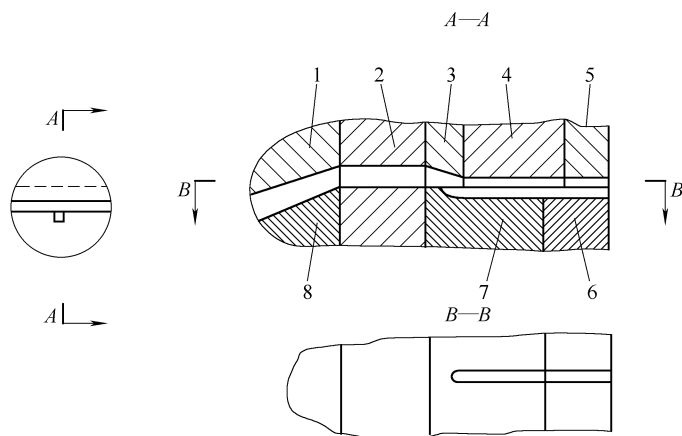


图 4-32 小凸筋功能块流道设计

1—机颈 2—支架板 3—收缩板 4—预成型板 5—口模板 6—型芯镶件 7—型芯 8—分流锥

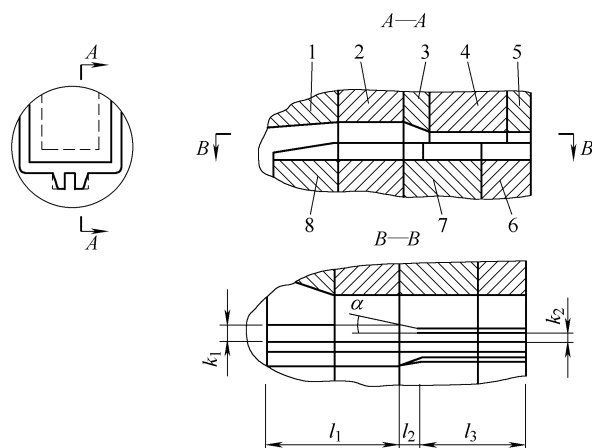


图 4-33 较大凸筋功能块流道设计

1—机颈 2—支架板 3—收缩板 4—预成型板 5—口模板 6—型芯镶件 7—型芯 8—分流锥

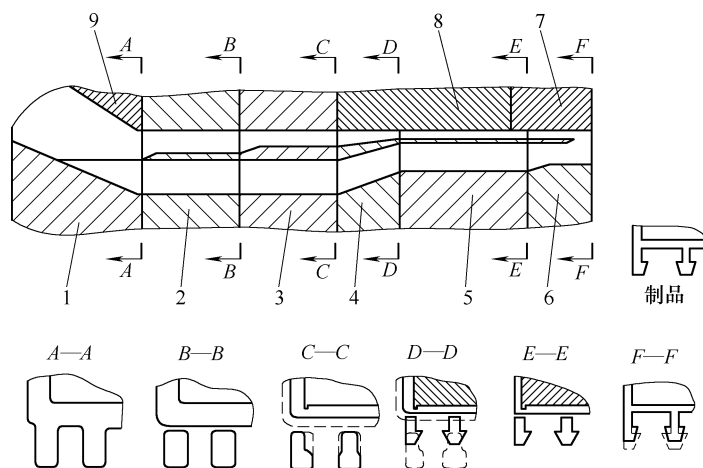


图 4-34 完全独立的功能块流道设计

1—机颈 2—支架板 (一) 3—支架板 (二) 4—收缩板
5—预成型板 6—口模板 7—型芯镶件 8—型芯 9—分流锥

型芯和分流锥的固定方式如图 4-35 所示,有单板螺栓固定、锥芯一体化设计、两块分流支架板分别用螺栓和销钉固定型芯和分流锥、型芯板和分流支架板与分流锥和支架板组合一起整体加工等多种固定方式。

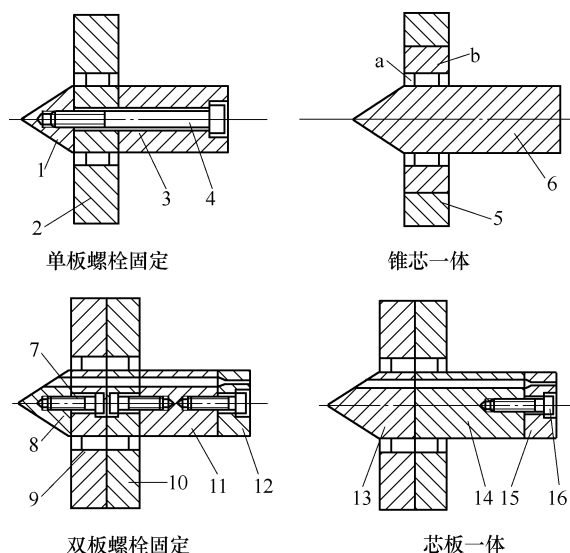


图 4-35 型芯和分流锥在分流支架板上的固定方式

1、8—分流锥 2、5—支架板 3、11—型芯 4、7、16—固定螺栓 6—锥芯一体件
9—支架板(一) 10—支架板(二) 12、15—型芯镶件 13—锥板一体件 14—芯板一体件
a—分流筋 b—镶键

4.3.4 异型材机头试模与修正

异型材机头形状复杂,有些厚薄还有差别,很难一次成功,一般都要经过反复试模、修模,修正在设计与制造过程中的各种错误、缺陷,最后才能最后生产出合格产品。异型材机头的试模调机的费用一般要占整个挤出模具设计制造费用的 20% 以上。

异型材的口模和定型模的设计都是以成品结构为基础。由于异型材形状复杂,无规律性,流道设计是理论与经验的结合,所以只有经过试模与修模、改模的有机配合,才能使模具得到成功。同时还应注意,在模具设计中要充分留有修改模的余量和修改模的方向设想。

(1) 异型材机头试模

1) 异型材机头试模的工艺要求。异型材的成型过程:挤出机通过对物料的挤压、塑化,以恒压、恒速把熔料推入机头模具,熔融料在模具中流动,经过模具内分流、压缩进入并通过平直段从模唇中挤出成型坯,型坯再进入冷却定型模在真空吸附力的作用下,贴紧定型模的内壁冷却定型。在试模调试过程中如果出现问题,首先要分析、排除与机头模具无关的因素,如塑料原辅料配方不合理,熔体塑化不良或塑化过度甚至降解,料流不连续不稳定,螺杆机筒机头温度控制不协调、温度波动大,在机筒输送过程中有夹气现象,挤出机组主机与辅机在性能、规格配套方面存在问题造成运转不稳定,调机操作技术不成熟、工艺参数设计不合理,包括温度控制不准或失灵、水气管堵塞、机头与定型模中心偏移、牵引机速

度不稳定等。然后再从机头上找存在的问题，并确定修模方案。通常试模冷却水温为 12 ~ 20℃，有效水压为 0.1 ~ 0.2MPa，定型模前段真空度为 0.07 ~ 0.08MPa，后段真空度为 0.4 ~ 0.6MPa，水箱负压为 -0.01 ~ 0.02MPa。

在试模中下述经常出现的与模具相关的异常现象要高度重视。

- ① 熔体在机头中流动不稳定，出现紊流或横流，影响熔体的流速分布和挤出。
- ② 制品形状不规整，壁厚不均匀，尺寸不合格、不稳定。
- ③ 型材弯曲。
- ④ 型材表面不平整、不光洁、有松弛、带痕、收缩痕等。
- ⑤ 机头挤出的型坯离模膨胀大。
- ⑥ 型材组织不致密，内应力大，力学性能达不到要求。
- ⑦ 熔体破裂或有鲨鱼皮现象。
- ⑧ 型坯在定型模中滑移爬行、颤抖，甚至堵料。

在试模中，首先要保证机头温度设置正确，调节准确，确保物料塑化良好，挤出压力适中，螺杆转速稳定，加料顺畅。其次定型过程中的牵引速度要适当，冷却方式和冷却速度应符合要求。真空定型过程中在真空度合适的情况下，如制品不合格，就要分析原因并作出正确结论，拟订修模改模方案。

2) 异型材机头试模操作顺序。开机前把口模板的压紧螺栓再拧紧一下。开机后先低速运转待出胶稳定后再加速。观察口模出胶状态是否平稳一致，并用刀片在口模切片，看切下的断面是否平整，高度是否一致。若不一致，则说明断面高处出料快，低处出料慢。这时，应对口模型腔进行修改，当达到出料基本平稳一致后，再用绳或棒牵引料坯（包住冷却固化），直到把料坯送进定型模并由牵引机夹住前进。这期间空腔异型材的型芯块和通气孔都要通气，这样制品才不会凹陷。

3) 异型材机头调试的要点。

- ① 机头出胶口到定型模进口的距离（又称气隙）一般控制为 20 ~ 100mm。
- ② 牵引比。应保持稳定的牵引比。牵引速度可稍大于挤出速度，使料坯在气隙段有一点拉伸力度。
- ③ 生产效率。生产效率与挤出速度、牵引速度、冷却速度相关。
- ④ 异型材机头试机修模。

在试模调机中首先应确认原辅料配方、主辅机设备、调机操作技术、工艺参数等方面没问题，然后再从机头设计制造方面找原因。由于异型材形状复杂，口模间隙无法调节，试模修模是免不了的，所以在异型材机头设计时就要预先考虑修模方案，并留有合理的修模余量，方便在试模修模时去除。修模应对机头和定型模一起考虑，但应分别处理。

4) 机头流道的修整。修整流道不能改变机头出胶口的形状。因口模形状是根据产品形状设计的，修模仅是对机头流道的出胶状况和局部结构进行修改，以达到料流分配平衡稳定，出口各部分的平均流速相等。

5) 机头流道局部修整的方法。首先观察出胶状态，用刀片快速从口模切断后，如料流是向前走直线，说明流速平稳；如果是弯曲前行，说明出胶快慢不均匀，出胶快的往出胶慢的一边弯曲。再观察横切断面，出胶快的断面高，出胶慢的断面低。对出胶快的型腔，虽然可用镶或焊补金属的方法来增大料流阻力，减小流量。但改变结构会缩短模具使用寿命，而

且这种方法会搞乱料流方向,所以一般不采用。而是采用把出胶慢的部分去掉少量金属,以减少料流阻力。流道局部修整可用下述几种方式所示。

① 修锉收缩板与预成型板处的收缩角,缩短预成型板处的成型平直段长度 a ,如图 4-36a 所示。

② 修锉单独供料腔的收缩角,减短供料腔在型芯镶件或口模板平直段长度 b ,如图 4-36a 所示。

③ 修锉阻流筋(块) c ,减少阻流筋(块)的体积,如图 4-36b 所示。

④ 修锉机颈或分流锥上的流道拐点 d ,使流道更顺畅,如图 4-36a 所示。

⑤ 在出胶慢的口模定型平直段部分修锉,把缝隙加大,使出胶量增大。

⑥ 在一定的挤出背压下,机头的挤出量是一定的,只能对出胶慢的部位修整。当修锉过的部位流量增大后,其他部位的流量会相对减少。这种流量再分配提示修模要注意一处一处地解决问题,一步一步地处理,不能操之过急。

⑦ 修模原则是只修出胶慢的部位,不在出胶快的部位打主意,即不采用焊补或镶块的方式去阻压、减少流量。在口模设计时,对缝隙大的口模段(如先设阻流筋块或增加定型平直段的长度)和大缝隙段不要按常规比例放大尺寸,应尽量用小比例留有修模量,以便在试模后作修整。

⑧ 修整模具时,不要先修口模板,而应先从分流供料板和压缩板的流道尺寸动手,通过对分流和压缩型腔进行局部增大或缩小流量的修整来达到使口模出胶平稳一致。

6) 修整较大时的修模方法。异型材口模形状复杂不能调节,只能通过修模解决。

① 切削法。使用机床或通过线切割、电火花加工。

② 锉、磨法。使用电动、气动锉刀,砂轮或砂布打磨头、片对流道进行锉、磨加工,最后再抛光。

③ 局部镶块阻流法。局部流速过快,可针对流速快的位置,在压缩板或分流板对应部位镶入一块节流板进行阻流。镶好后要打磨清除死角,使新镶阻流块处的料流无停滞现象。

④ 大面积镶嵌法。如果有较大面积出料过快,可在压缩板或分流板相应部位铣出一个深度为 4~6mm 的门穴,再配磨一块镶块,紧配压入,露出 1~3mm 作为修整的部位,加以修整。

⑤ 局部铆镶法。对相对流速快要增做阻流块的部位(压缩板或分流板)先打一盲孔,再铆压一只圆柱销,并露出 2~4mm 的凸台,修整成圆弧流线型。

⑥ 补焊法。用氩弧焊点焊堆积一个阻流块,再打磨抛光。注意不能使用普通电焊,否则会引起模块热变形。

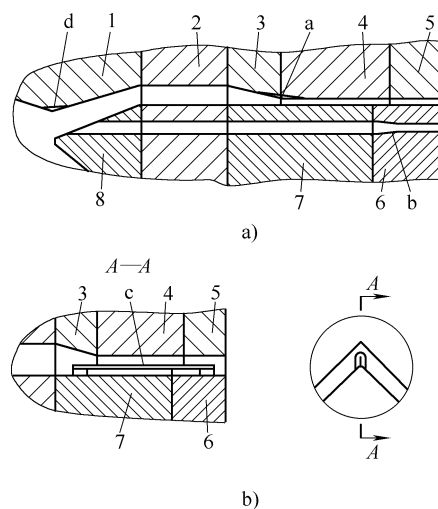


图 4-36 机头流道修整部位示意

1—机颈 2—支架板 3—收缩板 4—预成型板
5—口模板 6—型芯镶件 7—型芯 8—分流锥
a、b、c、d 处阴影为修锉部分

4.3.5 真空定型模的设计与修正

(1) 真空定型模的设计 定型模的内腔为型腔，基本与制品相同，只不过比制品外形尺寸大 $0.06 \sim 0.10\text{mm}$ （作为牵引时从定型模内腔通过的间隙）。定型模内腔与制品垂直，型腔内设有多个细槽（或钻小孔），称为真空槽或孔。通过管路和真空腔室将这些真空槽（孔）与真空泵相连接，形成真空系统。通过抽真空使真空槽（孔）形成负压，吸引异型材坯贴附于型腔壁表面实现定型（真空负压值要求为 $-0.6 \sim -0.8\text{MPa}$ ）。在定型模内还设置有管道组成的独立的冷却系统，可为定型模降温并把异型材的热量带走。为了提高异型材的生产效率，必须加大牵引速度，增加定型模的长度，或把几个定型模串联起来，如图4-37所示。

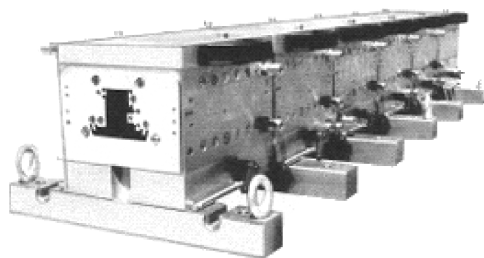


图4-37 串联式定型模

图4-38所示是干式真空外定型法。由于过长的定型模制造困难，通常把几个短定型模串联，但必须在一条中心线上安装。每个单独的定型模长度为 200mm 。

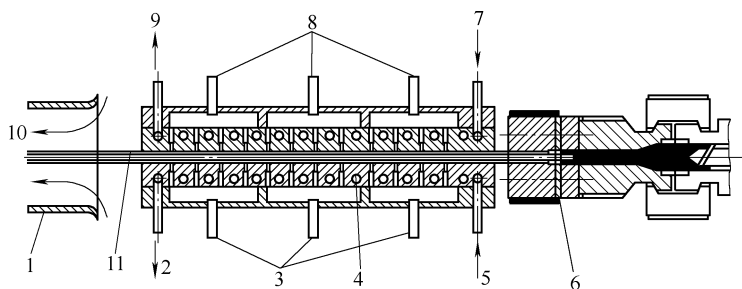


图4-38 干式真空外定型法

1—空气冷却通道 2,9—出水口 3,8—真空管 4—定型套
5,7—入水口 6—机头 10—冷却空气 11—型材

(2) 真空定型模的断面结构 真空定型模的断面结构如图4-39所示。

(3) 异型材真空定型模的修整

1) 定型模型腔的尺寸。为确保产品尺寸形状合格，定型模型腔的尺寸应根据制品实际尺寸加塑料冷却收缩率再加制品在定型模型腔中牵引拉动时的间隙值确定。如果制品形状尺寸不合格，首先应加大冷却真空定型力度，使型坯在定型模中真空吸附到位，达到基本冷却定型。如果冷却不充分，就会在牵引过程中由于拉伸缩小尺寸。较厚的异型材可采用增加真空定型模长度或用多节组合串联定型，如图4-37所示。如果仍然达不到尺寸，可增大真空定型模进口部位尺寸（制成喇叭口），预冷后再入真空区，或把第一组定型模型腔的尺寸再

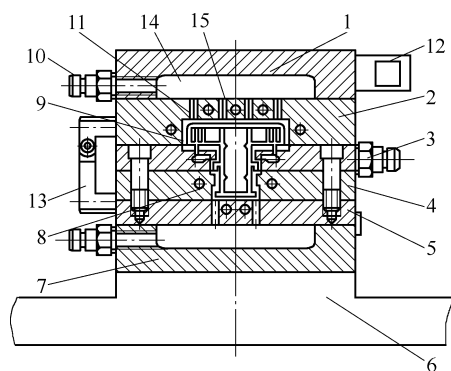


图4-39 真空定型模的断面结构

1—盖板 2—上型板 3—水管接头 4—侧型板
5—下型板 6—底脚 7—底板（下盖板）
8—冷却水道 9—真空槽 10—真空接头 11—型材
12—手柄 13—铰链 14—真空室 15—真空管

加大一些。

2) 定型模的真空度。定型模的真空度一般为 $0.03 \sim 0.08 \text{ MPa}$ 。定型模真空吸附不到位, 将造成形状位置尺寸误差。如局部真空吸附不好, 将造成局部型坯与定型模型腔壁有间隙, 使型坯不能紧贴定型模型腔, 这样不但形状达不到要求, 冷却效率也会降低。真空度可设置气阀控制, 还可对真空槽的宽度、密度、方向进行改良。

3) 定型模的冷却水。定型模型腔冷却不均匀, 制品同样冷却不均匀, 从而使产品容易变形。特别是复杂的中空制品很难实现均匀冷却, 个别部位容易在冷却中产生凹陷。此时可用反翘曲法真空吸附, 对冷却收缩给予补偿。进出水量可用水阀控制, 还可对水流量、水流方向、水槽面积、水的温度进行改良。

(4) 异型材机头使用操作要求

1) 操作人员使用机头前要了解机头的结构和功能, 认识热电偶、加热器与机头接触良好的重要性。加热板与机头外表面应紧密贴合, 热电偶测头与机头测温孔底面应接触良好。开机出料后要观察机头入口压力测量表显示的数值是否接近极限, 应根据具体情况对加热温度和挤出速度进行适当调整, 让机头在正常压力下工作。

2) 机头在平时或工作前的装配过程中, 所有的螺栓、螺钉、螺母在装入前都要先涂一层高温黄油再旋入, 以保证以后拆装顺利, 易于转动。

3) 把机头装上挤出机, 拧紧螺钉时应成对对角交替进行, 并且松紧度应一致。

4) 机头加热分两步进行。先加温至 130°C , 保温 10 min ; 再调整到工艺需要温度, 温度达标后再保温 $5 \sim 8 \text{ min}$ 。在保温期间把机头上主要螺钉(面板螺钉和机头法兰螺钉)再次拧紧一遍, 防止漏胶。然后开机生产, 先低速运转, 待出料稳定后提速。观察出料塑化状况, 在塑化良好的情况下, 用刀片在靠近口模板处切料观察出料的均匀性。如果料坯前行不是直线而是弯曲状态, 或切断面呈高低不平状态, 说明出胶速度、压力不均衡, 需调整机头或修整机头相关间隙。

5) 机头需要更换或清理时应拆下机头。在停机前加入清机料, 等清机料从口模挤出后再停机。趁热拆开机头和模块, 清除残料。

6) 机头拆下后应放在木板上, 决不能放在地面清理, 以防止灰尘污染机头。

7) 在机头清理过程中, 应使用橡皮锤敲打, 清除污物应使用铜片或竹片, 以防划伤机头。

8) 新机头开机前(叠块组装过程中), 可用橡皮泥检查流道型腔是否过渡光滑, 有无死角存在。因锐角容易粘胶粒在口模划伤型坯表面, 在出胶口处可倒一个光滑小圆角($R0.2 \sim 0.3 \text{ mm}$)。

(5) 异型材定型模使用操作要求 异型材挤出机头和定型模原理如图 4-40 所示, 其使用操作要求如下。

1) 定型模包括真空定型模和水箱两个部分。为使水箱和真空定型模紧密相连, 在水箱前应设置密封圈。

2) 试模调机人员应对定型模的冷却水温、供水压力以及真空系统的可靠性预先有很好的了解, 这样才能准确设置好工艺参数进行试模调机。

3) 冷却水最好用自来水, 水要清洁无沉淀物, 用不干净的水会结垢、堵塞管路。

4) 将挤出的料坯引入真空定型模, 直至实现牵引机的联动。

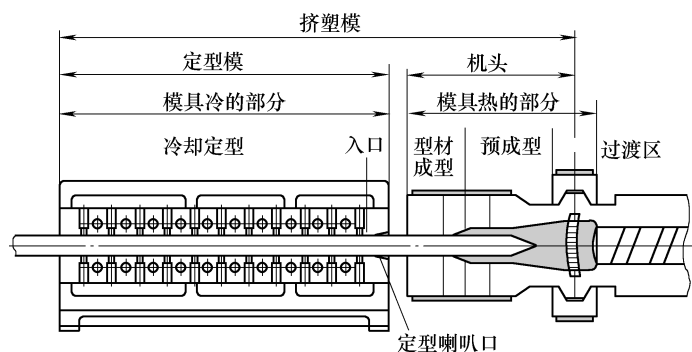


图 4-40 异型材挤出机头和定型模原理

5) 较大较厚的异型材，需要真空量大，定型模应串联安装。为使第一节定型模需要的真真空能稳定供给，可以单独用一台真空机供气。

6) 遇到异型材型坯卡在定型模内牵引不动时，不论是要拆开定型模型腔还是要敲打，都只能使用木锤、铜棒、橡皮锤，而不能使用钢锤等硬件，以免造成模具损伤。

7) 真空定型模如果不是与机头直联的，相隔的一定距离，在使用前要在真空定型模的型腔入口处加工引入喇叭口，入口端面最好修成圆角 $R1 \sim 3\text{mm}$ ，以便料坯顺利进入定型模型腔。

8) 开机前，水、气管应用快换接头连接好，并检查水、气管路密封度和型腔面的通畅度是否符合要求。

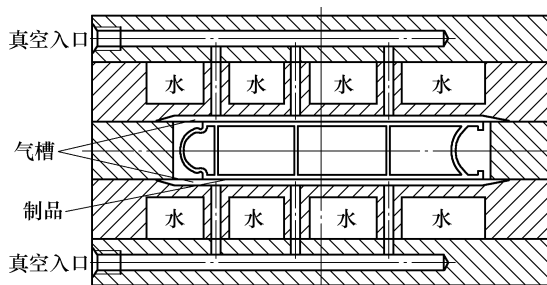
9) 开机前应检查真空定型模的上盖铰链是否灵活可靠，合模后的对中性 and 定位性是否准确，定型模与机头是否在一条中心线上，串联的定型模和水箱中的定直块是否在一条直线上。

10) 开机前应检查用线切割加工的真空槽是否有尖角，如果太尖可用砂布打磨尖角，防止抽真空吸附定型时把料坯表面划伤。

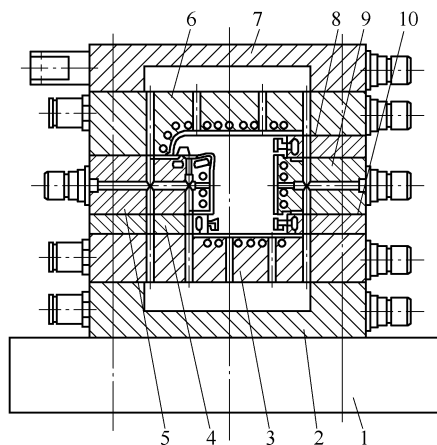
11) 在使用真空定型模前，必须充分了解掌握真空定型模的水冷和真空流道结构。图 4-41 所示为定型模真空、水冷流道的两种不同结构。如果是通过钻孔抽真空应把开气槽孔串联成气槽，以增大吸附面。

12) 真空水箱的工作状态应保持在真空度为 0.02MPa 。异型材真空水箱如图 4-42 所示。

13) 定型块在真空水箱的布置和排列



结构型式 (一)



结构型式 (二)

图 4-41 定型模剖面真空、水冷流道结构

1—底脚 2—底板 3—下型板

4、5、8~10—侧型板 6—上型板 7—盖板

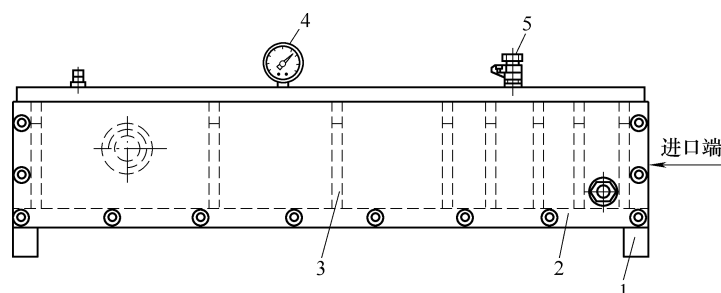


图 4-42 异型材真空水箱

1—底脚 2—底板 3—定型块 4—真空表 5—调节阀

可参考图 4-42 所示。水箱前端定型块应布置较密，后端可以布置地较松。

4.4 异型材的综合生产工艺

4.4.1 原材料准备

(1) 主原料 塑料异型材使用的材料，主要是硬质聚氯乙烯和软质聚氯乙烯，其次是 ABS、聚碳酸酯和聚甲基丙烯酸酯等。

聚氯乙烯的选择要根据制品的性能和使用要求来确定，最好选择疏松型、粒度均匀、相对分子量分布窄、杂质较少、热稳定性能高、流动性能好的悬浮法树脂。硬质聚氯乙烯制品主要选用 SG-4、SG-5、SG-6 型树脂，软质聚氯乙烯制品主要选用 SG-2、SG-3 型树脂。

(2) 辅料

1) 稳定剂。PVC 树脂在高温加工中容易分解，在使用中光稳定性较差，会产生光氧化学分解。加入稳定剂可提高分解温度，使加工温度范围增宽，利于挤出机充分混炼塑化，且可使制品在使用的环境中更稳定，可改善耐候性，延长寿命。对不透明、无毒性要求的制品，稳定剂多采用热稳定性能好的盐基性铅盐，代表品种是三盐基性硫酸铅；户外制品可适当添加二盐基性亚磷酸铅，二者比例约为 2:1；透明制品可采用马来酸型有机锡，户内制品也可用含硫有机锡；半透明制品可采用钡、镉金属皂与有机锡并用。异型材用在建筑工程上使用较多，大多数用在户外，这时还应加入光稳定剂和抗氧剂。目前新开发的还有稀土类稳定剂，它比铅类稳定剂效率高，有优良的热和光稳定性及耐候性能，而且还能提高抗冲击强度，又有良好的增塑、增韧性能，可减少抗冲击改性剂的用量，再加上稀土稳定剂无毒价格低，因此被国内很多企业选用。

2) 增塑剂。硬质聚氯乙烯塑料可不加增塑剂，软聚氯乙烯可选用邻苯二甲酸二辛酯。

3) 改性剂。由于聚氯乙烯树脂塑化温度较高、黏度大、耐热性差、耐冲击性差，需用改性剂来弥补这些不足。改性剂有加工改性和冲击改性两种。加工改性剂是为改进加工性能，并且改善其物理性能而加入的高分子物质。改性后的聚氯乙烯制品的外观和表面粗糙度都大幅改善，同时也提高了受热时的延伸率和热撕裂强度，并且还可以加快物料的熔融，促进塑化，改善加工性。目前常用的加工改性剂（又名加工助剂）为丙烯酸酯类共聚物，加

入量为1~5份(质量份)。另外,氯-醋共聚树脂、 α -甲基苯乙烯低聚物也具有可促进塑化、降低熔体黏度、改善聚乙烯的流动性作用,也可作改性助剂使用。由于聚氯乙烯是脆性聚合物,冲击强度低,在紫外线光照射下易老化变脆;低温韧性差,随着温度的降低迅速变硬变脆,受冲击时极易脆裂。为了提高硬质聚氯乙烯制品的冲击性能,必须加入高聚物弹性体进行共混改性。目前常用的冲击改性剂有ABS、MBS、CPE、EVA、ACR等。ABS和MBS分子结构中含有双键,耐候性和耐老化性不好,不宜制作户外建筑物制品。CPE、EVA、ACR的分子结构中不含有双键,耐候性能好,适合作户外建筑物制品。用这些物料与聚氯乙烯共混,再加上合适的稳定剂和其他助剂,就能有效提高硬质聚氯乙烯的抗冲击性能,并能改进对光、热的稳定性,达到户外塑料窗用异型材的性能要求。

4) 填充剂和着色剂。填充剂是以提高刚性和降低成本为目的,一般要求填料的细度小、含水量低。目前采用最多的是轻质碳酸钙、赤泥(铝厂废渣)、木粉等。硬质聚氯乙烯的填充剂的使用量为5~15份(质量份),超过15份后制品的力学性能会大幅降低。

着色剂是使塑料具有颜色和提高耐光性。着色剂用量很小,一般为0.01~2份(质量份)。户外用的聚氯乙烯塑料窗、门框异型材用白色的最佳,一般选用钛白粉作着色剂,同时也可作为光屏蔽剂。钛白粉(TiO_2)有金红石型和锐钛矿型两种结构,塑料着色剂只能用金红石型这一种。因这种着色剂结构是一个立方体,钛原子和氧原子排列紧密、晶体结构稳定,因此密度大,折射率也较大,能有效地散射光线,光学稳定性强,适用户外使用。金红石型钛白粉是白色塑料窗、门框最理想的着色剂,并兼具屏蔽紫外线和反射红外线的作用,还能提高耐候性和耐热性。在我国光辐射较强、气温较高的地区,金红石型钛白粉的用量为6~8份(质量份),我国偏北的地方用量为4~6份(质量份)。目前,我国也采用喷涂的方法着色。聚氯乙烯塑料窗、门框涂料的颜色品种多、附着力强、耐候性好、施工方便,使用后还可使制品更加美观。

5) 其他助剂。

① 紫外线吸收剂。门、窗框塑料异型材长期暴露在阳光下,在紫外线的作用下会引起光降解使性能恶化。加入紫外线吸收剂后,能吸收阳光中的紫外线,延长塑料制品的使用寿命。紫外线吸收剂的用量一般为0.1~1份(质量份)。目前常用紫外线吸收剂为二苯甲酮类、苯并三唑类、三嗪类等。

② 阻燃剂。用于制作建材和电气制品的聚氯乙烯都要求添加阻燃剂以达到不燃效果,防止火灾蔓延。硬质聚氯乙烯制品使用三氧化二锑阻燃效果较好,软质聚氯乙烯制品使用磷酸酯和氯化石蜡增塑剂效果较好。

③ 防霉剂。软质聚氯乙烯易受霉菌侵蚀,特别是在湿热的气候下更为明显,从而造成制品外观、色彩变化,还降低了力学性能和电绝缘性。防霉剂能控制微生物繁殖和再生,常用品种包括有机锡化合物、水杨酰苯胺、8-羟基喹啉酮、有机汞等。除水杨酰苯胺外都具有剧毒,使用时应注意尽量选用低毒或无毒塑料防霉剂。

(3) 配方设计时要考虑的几个因素

1) 制品性能的要求。在配方设计前要深入、细致地了解产品的使用场合、生产条件、外部环境的差异等方面对制品性能的要求。

2) 分析原材料的来源和生产成本来选择材料。在满足性能要求的前提下应选择成本最低的材料成型。

3) 成型工艺。配方设计应适用成形工艺的特点,应根据原辅料成型温度、时间和物料受压、受热、受力等情况的不同来进行具体设计。设计的配方是否合适,应经过成型加工、产品性能测试和用户检验,只有全部通过才能认定为合格。

(4) 配方设计要点

1) 根据窗、门框等异型材在室内或室外使用的不同环境条件、色泽要求、尺寸大小,对物理性能要求也各不相同。

2) 所考虑的物理性能指标并非独立变化,往往相互影响,互相制约,需要综合考虑。

(5) 窗、门框用聚氯乙烯塑料的主要性能要求

1) 良好的成型加工性。由于窗、门框制品都是比较复杂的异型材,因此要求聚氯乙烯塑料具有适宜的流动温度和良好的成型加工性。

2) 具有足够的强度、刚性和耐冲击性。有时为了弥补强度的不足,可采用补强的方法,用镀锌铁板作成金属型材衬入 PVC 型材内腔来补强度。

3) 要有耐热性、耐寒性、耐燃性。聚氯乙烯塑料作为窗、门框材料,应满足它的适用性(耐热、耐寒)和安全性(耐燃性)。同时对塑料门、窗框的色彩也有要求,一般用白色造粒,改变塑料性能后再挤出成型异型材制品。

(6) 配方设计实例

1) 门、窗框用异型材原料配方(质量份)。

① PVC, 100; CPE, 6 ~ 8; 3PbO, 3.5; 2PbO, 1; E 蜡, 1; DOP, 1; CaCO₃, 4; TiO₂, 4; HSt, 0.2。

② PVC, 100; CPE, 3; ACR, 2; EVA, 2; 环氧大豆油, 1; 亚磷酸酯, 0.5; CaCO₃, 4; TiO₂, 4; Ba/Cd 稳定剂, 2.5。

③ PVC, 100; EVA, 7; 环氧脂肪酸酯, 1.2; Ba/Cd 稳定剂, 3; 亚磷酸酯, 1; 褐煤酯蜡, 0.5; TiO₂, 4; 抗紫外线剂, 3; 有机颜料, 0.4。

④ PVC, 100; EVA, 8; Ba/Cd 稳定剂, 3; 3PbO, 2; 环氧大豆油, 0.8; UV-531, 0.01。

⑤ PVC, 100; 3PbO, 3; 2PbO, 1; PbSt, 1; HSt, 0.5; CaCO₃, 15; TiO₂, 1.5。

2) 楼梯扶手塑料配方(质量份)。

PVC, 100; CPE, 10; 3PbO, 2; 2PbO, 1; PbSt, 1; BaSt, 1.2; HSt, 0.5; CaCO₃, 20。

3) 窗帘盒塑料配方(质量份)。

PVC, 100; ABS, 5 ~ 10; 3PbO, 2.5; PbSt, 0.5 ~ 0.8; CaCO₃, 5 ~ 10; CaSt, 0.5; HSt, 0.4; 着色剂, 适量。

4) 密封条塑料配方(质量份)。

PVC, 100; DOP, 55; DOS, 12; 环氧大豆油, 2.5; Ba/Cd, 2; CaCO₃, 6; HSt, 0.5; 着色剂, 适量。

5) 百叶窗帘塑料配方(质量份)。

PVC, 100; 3PbO, 3; 2PbO, 1.5; PbSt, 1, CaSt, 0.5; 低分子 PE, 0.5; 超细 CaCO₃, 7。

6) 家具型材(质量份)。

聚氯乙烯, 100; 三盐基性硫酸铅, 4; 二盐基性亚磷酸, 2; 硬脂酸钡, 1.3; 硬脂酸, 0.8; 石蜡, 2; 碳酸钙, 30~50。

7) 低发泡异型材 (质量份)。

聚氯乙烯, 100; 三盐基性硫酸铅, 4; 丙烯酸树脂, 5; 硬脂酸钙, 1.5; 硬脂酸, 0.6; 石蜡, 0.5; 偶氮二甲酰胺, 0.5; 碳酸钙, 5。

(7) 原料助剂混合与造粒 混合是造粒前的工序, 对于易吸湿的原材料, 必须在混合前进行干燥, 如盐基性铅盐。有些原材料有结块、杂质, 必要时应粉碎、过筛 (一般筛网为 60~80 目)。混合时为使树脂与助剂充分分散、混合均匀, 有些助剂要在混合的后期 (一半时间后) 再加入, 这样的材料包括填充料、抗冲改性剂、润滑剂等。料混合可在高速混合机或捏合机中进行。高速混合机转速有 475~950r/min 几种。物料在机内高速摩擦生热至 80~98℃ 时, 即可排料降温, 全过程为 7~12min。捏合机在低速工作时, 需向物料补充热量至 95~98℃, 全过程需 40~50min。

单螺杆挤出机生产异型材必须先经过造粒再成型, 而双螺杆挤出机可直接用混合好或捏合好的粉料生产异型材。造粒可用单螺杆或双螺杆挤出机, 单螺杆造粒排料温度为 170℃, 双螺杆造粒机可比单螺杆低 10~15℃, 双辊炼塑机辊温为 160~180℃。评定造粒质量好坏的方法, 是将颗粒在室温下浸泡在丙酮溶液中 2h, 若溶胀小于 40%~50%, 则造粒塑化良好。

4.4.2 塑料异型材挤出成型

塑料异型材挤出是由一条生产线来完成的, 生产线包括单、双螺杆挤出机、异型材机头、真空定型装置 (或其他定型装置)、风冷或水冷却装置、牵引装置、切割装置、堆料装置或料台等。当型材断面积小, 每米重量小于 250g 时, 只能用单螺杆机生产; 型材截面积大时, 建议选用双螺杆挤出机。聚氯乙烯单螺杆挤出机机头温度为 170~180℃, 双螺杆挤出机硬聚氯乙烯成型温度要低 10~15℃。在挤出成型生产中, 对机筒和机头的温度应严格控制。温度过高, 制品成型困难, 原料易分解, 产生气泡和制品发黄; 温度偏低, 原料塑化达不到要求, 成型同样困难, 制品表面粗糙, 熔料无法正常挤出造成生产不正常。

真空定型套的真空度一般控制在 0.04~0.08MPa, 冷却水的温度控制在 15~20℃ 为宜。真空度偏高, 牵引阻力增大, 影响制品产量; 真空度偏低, 制品几何精确度低, 外形尺寸误差大。根据异型材大小及牵引速度高低, 可设置一个或多个定型套, 串联定型。当采用多个定型套时, 前面的定型套型腔应该比后面的大一点, 最后一个只能比产品实际尺寸稍大一点, 即加一点收缩量和牵引通过间隙。定型套用黄铜和不锈钢制造。牵引装置一般为履带式, 速度应连续可调, 一般为 0.5~2m/min。切割机为圆锯片式切割机, 切割速度必须保持与异型材速度同步, 切完后松开夹具返回原位。下面列举几种异型材的工艺参数供参考。

(1) 线槽 (硬质 PVC) 从进料端至出料螺杆末端机身温度依次为加料段 110~140℃, 过渡段 145~160℃, 均化段 160~170℃, 连接段 170~185℃, 机头 170~180℃, 螺杆转速为 15~25r/min。定型可用滑动式真空定型冷却, 牵引用辊轮式, 上轮可加工凸面压入线槽底平面。也可用真空定型冷却, 盖板和槽板可以分开制作。也可在一个机头一次挤出, 分开定型冷却, 把盖板和槽板组合进牵引机, 这样牵引不会压损槽板垂直边, 牵引机用履带式或橡胶带式。

(2) 楼梯扶手(硬质 PVC) 机身温度从进料端至出料螺杆尾端依次为加料段 115 ~ 140℃, 过渡段 140 ~ 160℃, 均化段 160 ~ 170℃, 连接段 170 ~ 185℃, 机头 170 ~ 180℃, 螺杆转速为 15 ~ 25r/min, 真空定型喷淋式冷却, 牵引机用履带式或橡胶带式。

(3) 中空门、窗框(硬质 PVC) 机身温度从进料端至出料螺杆尾端依次为加料段 105 ~ 130℃, 过渡段 135 ~ 155℃, 均化段 160 ~ 170℃, 连接段 175 ~ 185℃, 机头 175 ~ 180℃, 螺杆转速 5 ~ 10m/min。真空定型采用多个真空定型模串联安装, 前面的真空定型模型腔应稍大些, 最后一个真空定型模型腔比产品尺寸稍大, 加一点收缩率和牵引通过间隙。

(4) 工艺操作要点

1) 异型材制品所用原料按配方计量后, 要在高速混合机搅拌均匀。工作时的加料顺序是先加主原料 PVC-SG5 和增塑剂、稳定剂, 混合搅拌温度为 80 ~ 90℃, 时间为 5 ~ 8min; 然后再加入着色剂、填充剂和润滑剂, 料温达到 90 ~ 100℃时即可排料降温。在料温达到 40℃时, 用 80 目筛网过筛后装袋和输入贮罐。

2) 用单螺杆挤出机成型时, 要把计量搅拌均匀的原料先挤出造粒, 再用粒料塑化成型制品。

3) 异型材用双螺杆挤出机时, 可直接用混合搅拌均匀的粉料挤出成型, 但机筒温度控制和单螺杆挤出机不一样。用粉料时加料段温度应高于挤出机均化段的温度, 这样有利于物料中挥发气体的排出。双螺杆挤出机成型硬聚氯乙烯制品时的机筒温度分别为加料段 170 ~ 180℃, 塑化段 160 ~ 170℃, 均化段 170 ~ 180℃, 机头温度 170 ~ 180℃。

4) 要严格控制聚氯乙烯异型材的机筒和机头温度, 随时依情况变化而调节。温度偏高, 制品成型困难, 原料易分解, 有气泡和制品发黄; 温度偏低, 原料塑化达不到要求, 成型同样困难, 而且制品表面粗糙, 有时甚至无法正常生产。

5) 通常中空异型材采用真空冷却定型, 敞开式异型材成型后直接用水冷却定型。真空定型时的真空度为 0.06 ~ 0.08MPa。冷却水的温度控制在 15 ~ 35℃。真空度偏高, 牵引阻力增大, 影响制品产量; 真空度偏低, 制品几何精度低, 外形尺寸误差大。冷却水的流向, 应为从制品的挤出端入, 从制品入模端出。

6) 螺杆转速控制在 15 ~ 25r/min 为宜, 壁厚小于 1mm 取高转速, 壁厚大于 2mm 取低转速。

7) 加料螺杆转速与挤出机螺杆转速要配合适当, 一般取加料螺杆转速为挤出机螺杆转速的 2 倍。

8) 牵引速度要与制品从口模挤出速度匹配。一般牵引速度要大于制品从口模挤出速度, 通常控制在 1.05 ~ 1.1 倍挤出速度。

4.4.3 异型材辅机调试及开机操作

(1) 异型材生产中的辅机调试

1) 如果是新生产线试模, 辅机开车前要先阅读说明书, 并按说明书要求进行调试。对老生产线, 应查看相关设备摆设是否正确, 是否在一条中心线上。

2) 检查电动机、减速箱的润滑油量是否充足, 滑道位置是否有润滑油。

3) 检查各紧固螺母是否松动, 安全护罩是否牢固。

4) 用手拨动 V 带, 查看转动是否灵活, 有无卡紧现象。

- 5) 检查控制箱是否有接地保护装置, 接线是否牢固。
- 6) 测试安全保护装置是否正常、准确工作。
- 7) 检查、调整牵引机对制品的夹紧输送装置与制品形状的适应性以及夹紧力是否均匀。
- 8) 合闸送电。先低速起动运行, 观察牵引夹紧装置和切断装置运行是否平稳。
- 9) 正常运行后, 进行调速、牵引升降调节、制品压紧度调节, 注意牵引速度应略快于挤出速度。

(2) 异型材的开机操作

- 1) 当挤出机加热升温至工艺温度, 并保持恒温 40 ~ 60min 后, 才可以投料生产。这时牵引机和切割机均可合闸供电。
- 2) 当机头口模出胶时, 要观察出胶压力是否平稳, 并根据情况调节机筒和机头的温度, 使螺杆的转速达到理想参数。
- 3) 制品坯基本合格后, 把坯件引入定型模和水槽再引入牵引机。
- 4) 调整牵引装置夹紧运行, 把牵引速度调节得比挤出速度稍快。
- 5) 检查制品质量是否合格, 有差距再微调直至合格。若制品表面光滑、发亮、无横向皱纹, 说明牵引速度和夹紧力都比较合适, 可以正式生产。
- 6) 当制品牵引夹持碰到限位开关时, 切割机的夹紧装置就会自动夹住制品, 切割锯片转动, 制品开始切割。这时整个切割装置随制品的运行推力沿轨道向前移动, 直至制品被完全切断后, 切割机装置依靠弹簧的作用力自动返回原位, 等待第二次切割工作的开始。

(3) 异型材的关机操作

- 1) 首先把螺杆的转速降到最低。
- 2) 切断加热电源, 停止机筒和成型模具的加热, 起动机筒风机降温。
- 3) 机筒降温到 150℃ 以下时, 停止机筒送料。待口模不出料时停止螺杆驱动电动机转动。
- 4) 关闭冷却水, 关闭压缩空气和真空泵阀门。
- 5) 拆卸模具外的电热装置, 再拆卸机头模具, 拆下主要模具零件, 并立即乘热清理模具型腔上的余料与黏附料。
- 6) 点动螺杆旋转电动机, 把多孔板和过滤网用机筒内的残料顶出, 清理多孔板上的黏附料。
- 7) 退出螺杆, 清理螺杆和机筒内的黏附料。如果下次不换料生产, 且机筒内不是 PVC 等易焦化的料, 则可以不清机筒和螺杆, 只清理多孔板就可以了。
- 8) 如果挤出模具暂时不使用, 应清理干净后涂油再装配到一起, 封好进出料口, 放在干燥通风处。如果机筒螺杆也清理好, 则也要涂油, 并把进出胶口封好。
- 9) 排出水槽中的水, 关闭电源, 关闭总供水阀门。

(4) 异型材挤出成型试模调机 目前异型材生产用得最多的塑料是硬聚氯乙烯, 特别是用硬聚氯乙烯制作的门、窗需求量很大, 它性能优良、外形挺拔、光洁美观、不用油漆、不生锈、耐潮湿、生产工艺简单、价格低, 被广泛用来代替木材和钢构件。异型材使用的材料绝大多数是 PVC 料, PVC 最大的问题是塑料的热降解过程, 要解决这一缺陷, 就要注意以下两点:

① 在工艺上,添加热稳定剂或利用加工助剂等改变熔体流变状况,以获得较低的加工温度。

② 在机头设计上,尽量缩短机头流道长度,改善流道结构,减少料流在机头内停滞时间,防止积料和挂料现象。

1) 混合造粒工艺。

① 加料顺序。先将PVC树脂加入,高速混合,再依次加入稳定剂、加工改性剂、抗冲击改性剂、色料、填充料、润滑剂等。外润滑剂一般在热混合后,放料前2~3min投入。

② 混合转速。高速混合时转速为850r/min,低速排料时转速为150r/min。

③ 混合温度。混合、排料温度为120~130℃。

④ 混合时间。混合时间一般为5~15min,并将料温升至排料温度作为混合过程的终点温度。

⑤ 造粒。使用单螺杆挤出机生产异型材产品必须造粒,采用双螺杆机可不用造粒。单螺杆机造粒机筒温度为150~180℃。

2) 异型材挤出成型温度。

① 挤出机筒加料温度要高。物料经过机筒的排气段应使熔料包覆螺杆,防止真空吸走料粒。

② 机头连接套温度要适中。温度过高,口模出料稳定性差,收缩加大,制品尺寸无保证,塑料会分解;温度过低,熔体黏度大,机头压力高,制品密实,形状稳定,但加工困难,口模压力高,受压膨胀负荷大,制品粗糙。

③ 机头口模温度应较高。可以增加熔体黏度,减少熔体出模膨胀,使产品有良好的力学性能和外观质量。

3) 定量加料。由于双螺杆挤出机具有强制性正位移输送作用,必须设置定量加料装置。通过调节加料螺杆的转速,来控制双螺杆挤出机的加料量达到控制挤出量的目的。一般加料螺杆的转速是挤出机转速的1.5~2.5倍。

4) 机头压力。机头压力要适中,压力过大虽然产品形状稳定、密实,但出模膨胀大,表面粗糙。

5) 真空冷却定型。料坯进入真空定型模后,借助真空负压作用,使料坯紧紧吸附在真空定型模的模腔上,经吸附冷却后得到理想的形状和尺寸。通常真空度取为0.04~0.08MPa。真空度过大,增大牵引负荷,降低产量,造成料坯进入定型模困难而在口模积料阻塞。真空度过小,吸力不足,成型不好,外观和尺寸不合格。定型模的冷却水应后端进水,前端出水,水流方向与型材前进方向相反。定型模前端温度高便于料坯进入,定型模冷却段的长度应根据产品决定。

6) 螺杆转速。螺杆转速是控制挤出速度、产量和质量的重要工艺参数,转速太低,速度太慢,挤出效率不高,会延长塑料在机筒停滞受热时间;转速高剪切率增加,摩擦热增大,料的温度高,口模膨胀,表面质量粗糙,又容易弯曲变形。

7) 冷却与校正。在真空定型模冷却定型还不完全的情况下,在喷淋水箱或普通水槽中设置若干定型卡板起定型定直作用,进一步防止弯曲变形。

8) 牵引速度。牵引速度应比挤出速度稍快一点,太快会拉断产品;太慢会引起口模和定型模之间积料。当速度不协调时应及时调整为最佳状态。

9) 切割。一般用移动圆锯片切割,在锯片与制品同步前进过程中完成切割。切断后制品应整齐堆放在机架上。

4.5 异型材典型产品成型试模调机

4.5.1 硬聚氯乙烯门、窗成型试模调机

(1) 原材料与配方 (质量份)

PVC (SG5 型), 100; CPE, 8 ~ 15; 加工助剂, 3 ~ 4; CaCO_3 , 3; 三碱式硫酸铅, 3; 二碱式亚磷酸铅, 2; 金属皂类, 1.2; 润滑剂, 适量; 紫外线吸收剂, 0.5; 着色剂, 适量。

(2) 生产设备

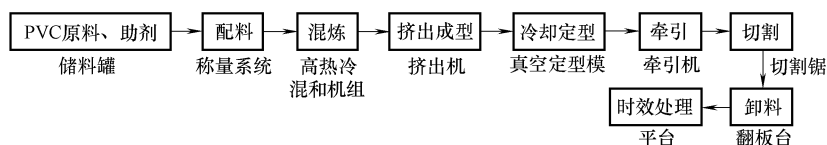
1) 挤出设备。异型材大多选用 PVC 为原料,它是热敏性聚合物,较难加工。挤出机可采用单螺杆挤出机,但必须先配料造粒再投料生产。采用双螺杆挤出机可以省略造粒这一工序,目前都是采用向外异向锥形双螺杆挤出机。它的特点是加料段直径较大、表面积大,物料传热快、剪切速率大,有利于塑化和输送。且螺杆不易扭断,可选择较大承载能力的轴承和齿轮,延长挤出机的寿命。但它的计量段直径小,减小了传热面积和螺杆对熔体的剪切速率。同时由于端面积小其轴向压力小,止推轴承的负荷也小。所以锥形双螺杆挤出机很适合直接用粉料加工。

2) 机头和定型模具。一般采用板式挤出机头,定型模采用真空冷却定型模具。这些门、窗异型材大多都是空腔异型材,冷却定型都是多个并联,在喷淋或浸泡式水槽处设计了几组校正定直模块,进一步防止弯曲变形。

3) 辅助设备。除混料机和主机挤出机外,还包括牵引机、切割机、卸料架、堆放台,以及提供水、电、气的水泵、空压机、配电箱、控制箱、制冷机和必要的检测设备。

(3) 生产工艺

1) 工艺流程。RPVC 异型材工艺流程及设备配置如下 (其中框内为工艺流程,框外为实现该流程所需设备)。



2) 混炼。按配方称量后,需要把物料在一定的温度、压力、时间下,按投料量和投料顺序进行混合,使各助剂被 PVC 树脂均匀吸收并预塑化。混炼质量的好坏直接影响成型加工和型材质量。在高速搅拌机的高速搅拌下,物料因摩擦生热,达到预塑化和均匀各组分的目的。冷却搅拌机具有冷却和排气的作用。

3) 工艺参数。螺杆温度为 100°C ,机筒排气真空度为 -0.06MPa ,机筒温度依次为加料段 $140 \sim 150^{\circ}\text{C}$,过渡段 $150 \sim 160^{\circ}\text{C}$,压缩段 $160 \sim 170^{\circ}\text{C}$,塑化段 $170 \sim 180^{\circ}\text{C}$,连接段 $170 \sim 175^{\circ}\text{C}$,机头口模 $160 \sim 170^{\circ}\text{C}$ 。真空定型真空度为 -0.07MPa ,冷却水温为 $10 \sim 15^{\circ}\text{C}$,牵引速度为 1.25m/min 。

4) 后序控制。可设定按需要长度切割。一般长度为6m, 这样加工制作浪费少, 运输也方便。生产出的型材还要通过时效处理, 以消除残余应力。方法是将生产出的型材整齐堆放在平整的平台上, 经过36~72h的时效处理, 把残余应力释放出来, 以后就不会弯曲、扭曲变形, 确保出厂质量。时效处理之后, 为保护产品表面和防止运输中损伤, 可四根或者八根一组码放整齐, 再用薄膜套装好封口入库。

4.5.2 木纹结皮发泡 PVC 异型材成型试模调机

(1) 发泡剂

1) PVC 树脂的选择。一般认为 PVC 树脂的 K 值越小, 相对分子质量分布越均匀, 其熔融效果越好, 越适宜发泡。一般选择齐鲁 S-700 树脂。

2) 发泡剂的选择与用量。对于比较硬的异型材, 可选择德国产发泡剂 (CT232) 1.0 (质量份), 或国产发泡剂 (CN-010) 0.8~1.0 (质量份)。对硬度要求不高的产品可使用发泡剂 (AC) 0.3~0.7 (质量份)。

3) 发泡改性调节剂的选择。在工艺条件适宜的情况下, 选用 PA-60、K-400、10F, 均可获得好的发泡产品。

4) 流变润滑剂的选择与用量。流变润滑剂的选用与组合, 直接影响到物料的熔融、流动与流体压力的形成, 是技术的关键。选用流变润滑剂 (LUB-201) 1.2 (质量份) 为好, 制品密度为 $0.58\text{g}/\text{cm}^3$, 泡孔均匀, 表面光滑, 无云彩。

5) 填充剂的选择与用量。一般加入轻质碳酸钙, 质量份为 5~10。

6) 色母粒料配方。通过不同的树脂组合, 配合不同数量的内、外润滑剂和改性剂, 以及不同品种和数量的颜料, 达到分散性的明显区别, 并在挤出时由于不同的颜色, 呈现出不同的木纹效果。

(2) 木纹产品配方设计 基本配方 (质量份):

聚氯乙烯 (S700 型), 100; 发泡调节剂 (PA-60), 7; 多元综合稳定剂 (SW-401), 5; 流变润滑剂 (LUB-201), 1.2; 轻质碳酸钙, 5; 钛白粉, 2; 发泡剂 (CN-010), 0.9。

通过改变颜料和色母粒料的配合, 生产出的产品效果见表 4-8。

表 4-8 不同颜料和色母料组合的木纹产品效果

配方 (质量份)		效 果
组合 1	钛白粉(1), 中铬黄(0.02), 橙色粒料(1), 黄色粒料(0.2)	基色亮黄, 有不规则橙黄色木纹
组合 2	中铬黄(0.02), 炭黑(0.004), 橙色粒料(0.5), 棕色粒料(0.5), 黄色粒料(0.5)	基色暖黄, 木纹棕黄
组合 3	中铬黄(0.02), 宝红(0.04), 炭黑(0.004), 棕色粒料(2), 橙色粒料(0.5), 黄色粒料(0.5)	基色橙红偏暗, 仿红桦
组合 4	中铬黄(0.02), 宝红(0.36), 炭黑(0.1), 棕色粒料(3), 橙色粒料(0.5), 黄色粒料(0.5)	基色深棕红, 仿酸枝

塑料的加入主要改变制品的底色, 色母料的加入则可以实现不同的木纹组合。所以通过不同的颜色和色母料组合, 可以达到不同的木纹组合效果, 满足不同人的喜好。

(3) 生产设备

1) 高速捏合机、冷动混合机。

- 2) 单螺杆挤出机 SJ- $\phi 65\text{mm}$ 。
 3) 结皮发泡模具。仿木包覆座板条板机头如图 4-43 所示。

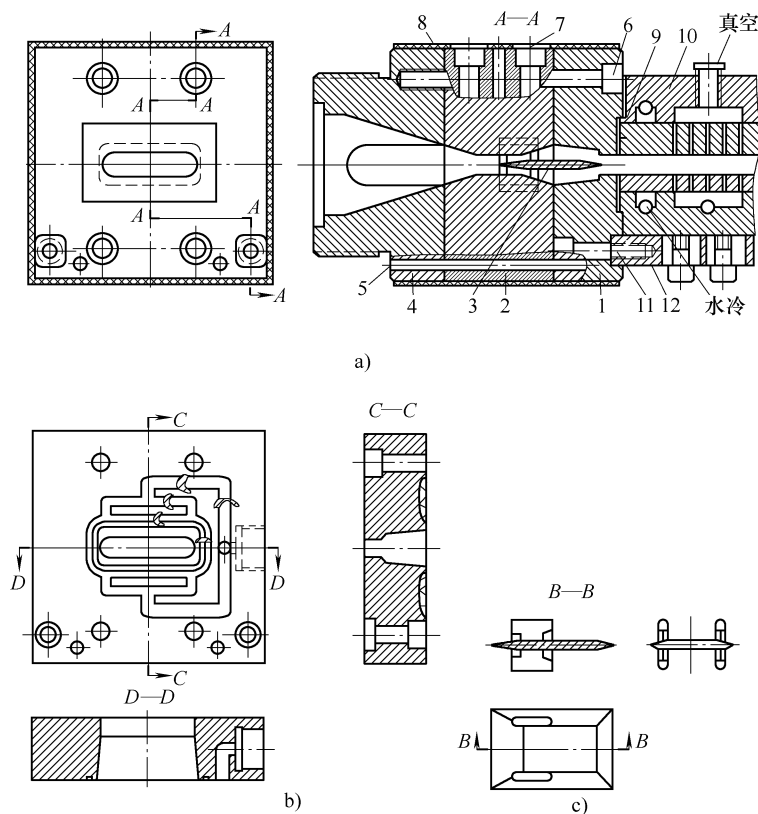


图 4-43 13mm × 60mm 仿木包覆座板条机头结构

a) 口模板正面 b) 口模包覆分流板 c) 发泡芯棒

1—口模板 2—发泡分流板 3—发泡芯棒 4—连接板 5—定位销 6、7—固定螺钉
 8—加热圈 9—隔热垫板 10—真空定型板 11—螺钉 12—机头定型模连接板

(4) 生产工艺 首先将 PVC (S-700) 树脂、复合稳定剂、润滑剂、填充剂、发泡剂、发泡改性调节剂、颜料等原料, 按一定的配比在捏合机中捏合, 再把已配好的色母料粒和其他原材料捏合, 在单螺杆挤出机和发泡模具上挤出仿木发泡包覆板产品。注意适当调节温度、螺杆转速、冷却水温等加工工艺参数。

1) 温度与转速。由于发泡材料容易熔融塑化, 也容易烧焦, 在确保发泡良好和制品质量性能的前提下, 挤出温度应尽量设定地偏低一些, 螺杆转速也尽量设定偏低。料温低其制品的发泡倍率较低时, 表面相对密实, 木纹效果也更为明显。

机筒温度依次为加料段 130 ~ 140℃, 过渡段 140 ~ 150℃, 压缩段 150 ~ 160℃, 塑化段 160 ~ 170℃, 连接段 170 ~ 175℃, 机头口模 160 ~ 170℃。

2) 挤出工艺。挤出机一般都设有排气孔, 排气孔附近或前段的温度都要低于发泡剂的温度。

(5) 机头和相关配套设施的优化 由于使用普通的 $\phi 65\text{mm}$ 单螺杆挤出机, 应针对需要发泡的特点, 再作一些必要修改。

1) 在法兰上增加内置发热棒,克服开机时法兰部分受热不均匀,造成冷料积压而导致料流紊乱,发泡不均。

2) 通过调整分流板分流通道大小和形状,来调整挤出压力,使它与模具压缩段的压力匹配,从而使从分流板出来到模具压缩段的料流的流动保持均匀,防止熔体紊乱和提前发泡。这时形成不同的料流束组合有利于木纹的形成。

3) 开机时要先敞开机头,挤出停留在挤出机内因受热不均而导致的部分焦化或未塑化的塑料,然后停止主机,迅速合上机颈法兰板,再开机挤出。

(6) 木塑异型材模具设计的特点和要求 13mm×60mm 仿木包覆座板条机头结构如图4-43所示。

1) 木纹和色彩的形成由原料配方作保证,而木纹的形式和光泽度则取决于模具结构的设计。例如挤出管材时,由于型腔分流的作用,在管壁上形成狭窄的V形木纹;挤出棒材时,木纹呈直线或蛇形;挤出板片材时,木纹呈抛物线形或U形;挤出异型材时,由于机头内部各处结构不同,阻流块、阻流件、发泡芯棒形状的差异及阻流效果的差异,使木纹各色各样,而中空制品在拐角处的木纹尤为明显。

2) 高光亮仿木制品的形成,主要取决于模具的结构特点和冷却方式、冷却位置的控制,其定型模的冷却效果和方式也很重要,同时水箱冷却要充分。

3) 木塑熔料的流动性差,不宜在流道中设计阻流块和阻流隔板等可引起流道突变的结构用于调节各处料流平稳。而应将机头设计为整个流道截面逐渐改变的带流线型的阻流块或芯棒结构,流道不能有突变。

4) 受木纤维的影响,木塑熔料分流后再熔合接胶性能差。因此局部单独供料的流道设计要慎重,必须要在模内汇流,而且路径要更长才能熔合后离开口模。

木塑制品导热率很低,牵引速度慢,约在1m/min以下,一般采用湿混合真空定型模。由于木粉含量高,挤出速度慢,离开机头后基本初步成型,一些不太复杂的可在机头前装定型卡板直接下水冷却定型。而对于有空腔的木塑制品,其型芯头要超出模口一段距离,约为10~40mm。

4.5.3 异型材生产中异常现象、产生原因及解决方法 (见表4-9)

表4-9 异型材生产中的异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
供料波动	① 原料的流动性不好 ② 物料在料斗中形成拱门、悬挂 ③ 加料段温度过高 ④ 机头压缩段温度偏低	① 使用流动性好的PVC干混粉料 ② 安装搅拌送料器,防止架桥、滞料 ③ 进料段通水冷却 ④ 提高机头压缩段的温度
型材弯曲	① 整条生产线设备不在一直线 ② 冷却方法不当 ③ 真空水道不通或不流动 ④ 机头流道及间隙不合理 ⑤ 挤出速度过快 ⑥ 出料速度太快 ⑦ 机头流道及出口间隙不合理 ⑧ 牵引力不平稳 ⑨ 机头两边出料快慢不一致	① 调整生产线设备呈一条直线 ② 提高壁厚部位冷却速度,降水温、提高流速 ③ 检查真空水道系统,修改至正常 ④ 调整各部位冷却水流量,或加热板温度 ⑤ 降低挤出速度 ⑥ 降低挤出速度 ⑦ 修正机头流道及间隙达到出料平稳 ⑧ 调整牵引装置的速度和压紧力 ⑨ 调整口模达到出料均匀平稳

(续)

异常现象	产生原因	解决方法
筋处收缩大	① 口模筋处料流慢,筋槽受拉伸 ② 真空操作不当或真空度过小 ③ 冷却水温过高 ④ 牵引速度过快,冷却不充分 ⑤ 挤出速度过快,冷却不充分	① 适当减小筋厚,使料流平稳 ② 调节真空度,在筋壁定位钻小孔加大真空力度,增大真空吸附力 ③ 降低冷却水温,提高筋部冷却效率 ④ 降低牵引速度 ⑤ 降低挤出速度
型材后收缩率大	① 牵引速度偏高 ② 定型模冷却不够 ③ 机头温度过高	① 调节牵引速度 ② 提高定型模冷却效率 ③ 降低机头温度
制品尺寸和厚度波动	① 进料波动 ② 电热圈加热不正常 ③ 牵引机速度不稳定 ④ 混合物料不均匀	① 提高机头压缩段的温度 ② 检查、修复或更换加热圈 ③ 检查传动带松紧,牵引轮带夹压力是否合适 ④ 检查混合物料的混合均匀性
制品两端开裂或呈锯齿形	① 配方比例不当,塑化不良 ② 口模温度偏低 ③ 口模两边流速太慢 ④ 口模定直出口腔粗糙	① 检查配方,调整组分,提高塑化温度 ② 提高口模温度 ③ 减少两边平直长度或加大出料间隙 ④ 进行抛光、打磨,降低表面粗糙度
出现熔接痕或线	① 口模内熔料流不均,快慢不一 ② 机头压力不足 ③ 口模定型段长度不够 ④ 熔料未充分汇流 ⑤ 进入机头的料流压力偏低 ⑥ 配方中外润滑性过强 ⑦ 物料流动性太差 ⑧ 制品筋处熔体温度偏低 ⑨ 挤出速度太快 ⑩ 原料塑化不好 ⑪ 流动应力未消除	① 使口模内的料流均匀 ② 增大机头压力 ③ 增加机头定型段长度 ④ 在模芯支架后设置熔料池 ⑤ 增大入口处的料流量型腔 ⑥ 降低混合料外润滑性 ⑦ 采用流动性好的塑料 ⑧ 提高机筒温度,降低口模温度 ⑨ 降低挤出速度 ⑩ 提高塑化温度 ⑪ 加大成型段长度
制品内外表面有斑点、鱼眼、气泡凸起	① 原料混有杂质 ② 物料水分或挥发物含量高 ③ 粉料堆放时间过长 ④ 机筒温度低,机头温度高 ⑤ 机筒温度过高,螺杆摩擦热多 ⑥ 螺杆磨损严重,空隙过大	① 检查杂质来源,以便清除 ② 烘干原料、水分和挥发物(<0.05% ~0.1%) ③ 重新配制混合料 ④ 适度调节温度 ⑤ 降低机筒温度,冷却螺杆 ⑥ 检修或更换新螺杆
口模内发生分解,制品表面有分解黄线	① 原料热稳定性差 ② 挤出温度高 ③ 机头表面有凹陷、积料 ④ 口模结构不合理 ⑤ 机头内有死角 ⑥ 物料在机头内停滞时间太长 ⑦ 螺杆磨损,间隙大,有料回流	① 检查原料配方,提高热稳定性 ② 降低挤出温度 ③ 检查清理机头,修复缺陷 ④ 增大机头导入型腔,加大前端压力 ⑤ 消除机头死角,流道呈流线型 ⑥ 缩短机头内物料滞留时间 ⑦ 修复或更换螺杆
制品表面出现条纹或云纹	① 混有不同颜色、牌号的树脂 ② 物料混合不均匀 ③ 原料不好,配方中润滑剂过量	① 加色用色母料,不用杂色、杂牌号树脂 ② 选用高效混合机,使物料混合均匀 ③ 调整 PVC 配方,降低润滑剂用量
制品在定型模停滞不前	① 定型模与口模中心线有偏差 ② 牵引力不够 ③ 冷却不够 ④ 真空力度过大,牵不动	① 调整定型模与口模在一条中心线上 ② 提高牵引带轮压力 ③ 加大冷却水量 ④ 适当减少真空力度

(续)

异常现象	产生原因	解决方法
制品表面有皱纹	① 机头出料不均匀 ② 冷却定型套水温太高 ③ 牵引速度过慢	① 调整机头温度及口模缝隙 ② 降低定型套的水温 ③ 调节牵引速度快慢适中
型材拉断	① 原料中有杂质 ② 牵引速度太快 ③ 原料塑化不良 ④ 螺杆冷却太大,出料慢	① 原料过筛,清除原料中的杂质 ② 降低牵引速度 ③ 提高塑化效果 ④ 调节螺杆冷却源
表面凸凹不平	① 出现凸状时 ② 出现凹状时	① 适当加快牵引速度 ② 适当减慢牵引速度
制品物理性能不好	① 工艺配方不理想 ② 物料捏和不均匀 ③ 定型模急冷 ④ 物料塑化不良 ⑤ 称量有误差 ⑥ 过滤板、网的阻力小,背压小 ⑦ 挤出与牵引速度配合不佳 ⑧ 挤出温度过高 ⑨ 机头压力过低,制品不密实 ⑩ 拉伸比过大	① 改善工艺配方 ② 捏合温度要适宜 ③ 定型模要缓冷 ④ 提高塑化效果 ⑤ 校正称量 ⑥ 增大过滤板、网的阻力,提高背压 ⑦ 牵引速度要比挤出速度稍快一点 ⑧ 降低挤出温度 ⑨ 提高改进机头压力 ⑩ 降低牵引速度

4.6 共挤出机头接胶技术

在一个挤出机头中同时挤出两种或更多种聚合物熔体,共同生成一种挤出型材的挤出模具称为共挤出模具。共挤出型材可以综合各种材料的优点,生产出功能更全面的制品。

4.6.1 不同颜色异型材共挤出机头(模内汇合)

色彩共挤出的目的是要克服 PVC 材料对紫外线照射耐候性差的弱点,在白 PVC-U 异型材可视面上覆盖一薄层耐候性较好的其他品种彩色塑料,提升异型材制品的装饰功能。这也适应了当前建筑门窗市场多样化和个性化发展的需要,造就了新的特色产品。

图 4-44 所示为色彩共挤出机头的流道。其中色料是从共挤出模板的 a 孔挤入,经导流管 b 流到口模板后平面,在口模板后平面加工有半圆熔体分流槽 c,通过一个窄缝向模唇定直段覆盖一层薄色料,在型材 d 上形成共挤面。共挤层厚度约为 0.3mm。

四面全都包覆的共挤料流道(模内汇合)如图 4-45 所示。它是先将共挤出料导入预成型板,在预成型板上加工导流管(槽)进行分流,使其挤出料穿过共挤出模板导向口模板的背面,再分别引至各个共挤面所在部位的熔体分配器中。共挤出料流在回穿共挤出模板的过程中可以再次分

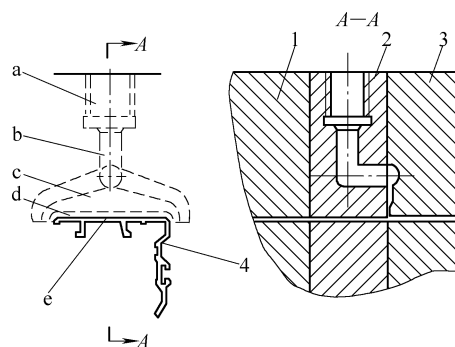


图 4-44 色彩共挤出机头流道

1—预成型板 2—共挤出模板
3—口模板 4—共挤出型材
a—共挤出机接口 b—导流管
c—熔体分配器 d—模唇 e—共挤面

流（见图 4-45A—A 剖面）。为了实现均匀分流，导向共挤面的导料管（槽）要尽量对称分布，可利用导料槽将共挤料逐步展开，在进入口模板背面的熔体分配器之前，就形成围绕共挤面的流动。导料管（槽）的横截面积，沿流动路径逐渐减小。导料管（槽）内部要求光滑顺畅，不宜有死角和急剧的流道突变存在。

熔体分配器的作用是将共挤料在共挤面上方均匀地展开，形成围绕共挤面的沿展开方向平均流速一致的流动。为保证共挤料尽可能均匀地从共挤出流道挤出，与挤出的型坯在共挤面上汇合，在熔体分配器出口往往要设计一段平缝形流道，称为模唇。

熔体分配器一般是在口模板反面加工凹槽，它是在与共挤出模板平面密合组装后形成的（见图 4-45）。也可以分别在口模板和共挤出模板上对称地加工一定深度的凹槽，密合组装形成熔体分配器。所以，熔体分配器和模唇的熔体流出方向，往往都与型材的共挤面垂直。有时也采用让模唇与型材共挤面成锐角的设计，如图 4-46 所示的 a 部位。这样可让两种料流的汇合更加平稳，但是这样使得共挤出模板和口模板的加工要复杂得多。

共挤料流道的熔体分配器的设计，与一般单一熔体薄片材挤出的平缝机头熔体分配器一样，有不同的结构型式，常用的有 T 形、鱼尾形、衣架形熔体分配器。一般按衣架形设计熔体分配器较好。图 4-44 所示为设计了一个衣架式分配器，而图 4-45 所示为设计了四个衣架式熔体分配器。衣架式分配器的料流能均匀分配，熔料流量和压力比较稳定。

最理想的生产方式是机头采用管模加包覆层，覆层厚薄均匀挤出圆管坯。这是由于为圆管覆层比较容易，壁厚调整简单，容易保证厚度一致性，再用异型材真空定型模，通过真空吸附冷却定型就可成为所需要的四方管制品。

4.6.2 异型材再生料共挤出机头（模内汇合）

在门、窗生产过程中，不论是在刚开机机头模具调试、工艺参数设定调节的环节，还是生产中由于工艺参数的波动造成尺寸不稳定，都会产生不少的废品。这些已经使用过的料如果不再使用就会造成浪费，增加了生产成本。而把这些边角废料重新粉碎再利用，又会使再生料的强度、刚性等性能下降。为了保证产品质量，可把这些再生料用于异型材的内层和非暴露的部分，如框形材与墙体的连接部分，以及框形材的内筋等次要位置，通过共挤出接合在一起，如图 4-47 所示。

由于再生料与新料的性能与工艺参数接近，又是在机头内部汇合，汇流路程长，熔接通

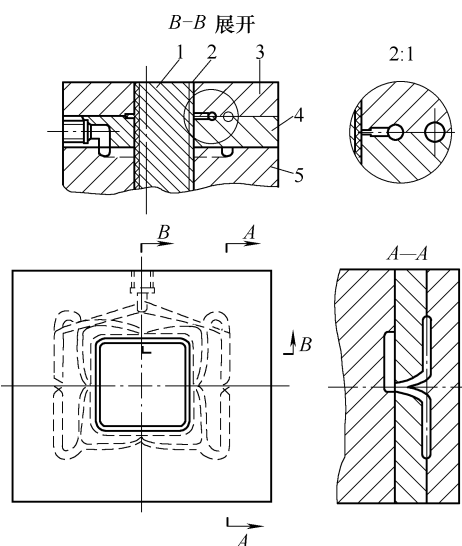


图 4-45 全包覆共挤料流道
1—型芯 2—共挤出型材 3—口模板
4—共挤出模板 5—预成型板

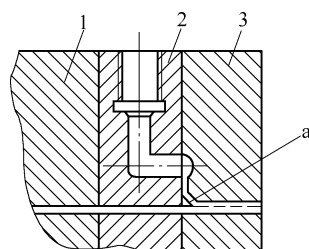


图 4-46 让共挤料流道模唇与
型材共挤面成锐角的设计
1—预成型板 2—共挤出模板
3—口模板 a—模唇

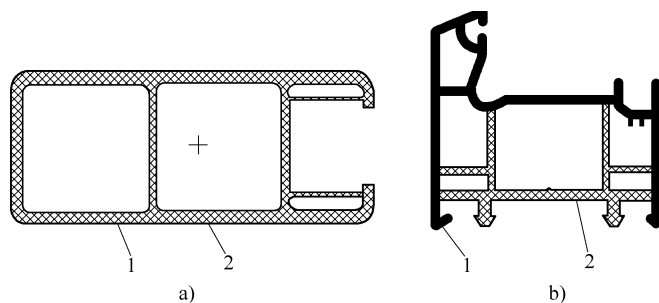


图 4-47 再生料共挤出在异型材中的位置

a) 再生料共挤出在异型材的内层 b) 再生料共挤出在异型材的非暴露部分

1—PVC-U 原材料 2—PVC-U 再生料

常是很牢固的。它与色彩共挤出机头一样都是模内口模板汇合，接合强度是有保证的。

异型材再生料共挤出机头如图 4-48 所示。一般在机头分流支架板上开设螺纹接口 d，与共挤出机连接，并在分流支架板上加工导料和分流的流道 c，让再生料在收缩板之前完成料流分配，分别进入采用再生料的异型材各部分流道。在预成型板（口模板后的第二块模板）处为了防止原材料和再生料的相互干扰，可在板的平直段设置 0.5 ~ 1mm 厚的分隔板，使两料分开流动，直到口模的平直段进口端汇合，一起挤出口模。

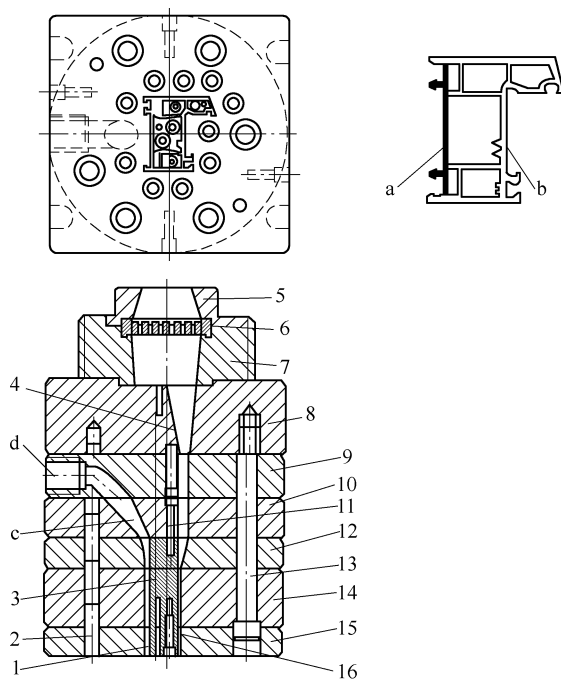


图 4-48 异型材再生料共挤出模头

1、2—销钉 3—型芯 4—分流锥 5—过渡套 6—多孔板 7—机颈 8—机颈过渡板 9—分流支架 (1)

10—分流支架 (2) 11、13—螺栓 12—收缩板 14—预成型板 15—口模板 16—型芯镶件

a—PVC-U 再生料 b—PVC-U 原材料 c—再生料流道 d—共挤出机接口

4.6.3 软、硬塑料共挤出机头（模口和模外汇合）

(1) 密封胶条共挤出 塑料门、窗与框之间及与玻璃之间，都需要软质材料起密封和衬垫作用。利用共挤出技术可以将软质材料与 PVC-U 型材一起挤出熔合成带有密封功能的门窗型材，如此大大节约了分别挤出又分别安装的费用，带来了明显的经济效益。图 4-49 所示为软硬挤出产品熔接形式。图 4-50 所示为异型材软硬共挤出产品所用共挤出机头的流道结构。这种机头可实现用于密封的软硬质型材的共挤出，习惯上称为软硬共挤出。

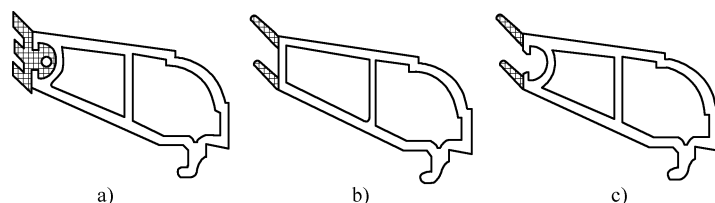


图 4-49 软硬挤出产品熔接形式

a) 密封胶条的嵌入 b)、c) 共挤出结构

由于软、硬 PVC 的温度、型腔的挤出压力、流速、黏度都有差别，熔胶不能过早汇合，应尽量缩短软质和硬质熔料汇合的距离，一般在离开口模前，也就是在出口段汇合再挤出口，如图 4-50 所示，在共挤出模板（也就是口模板的后一块面板）上加工螺纹接口 a 和导料管 b，导料管与共挤出机相连接，引入共挤料，导向设置在口模板背面的导料槽 c。导料槽又分流成数个密封胶条流道 d，密封胶条流道穿过口模板的出口处与异型材流道 e 汇合。

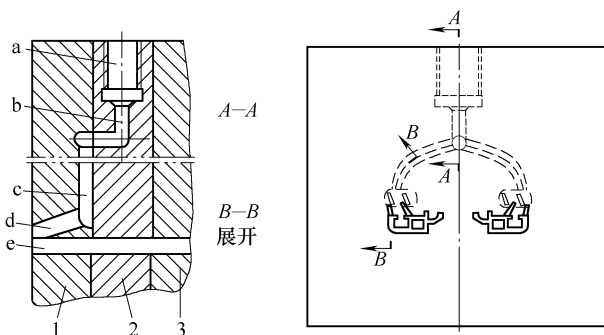


图 4-50 PVC-U 异型材共挤出密封胶条的流道结构

1—口模板 2—共挤出模板 3—预成型板

a—共挤出机接口 b—导料管 c—导料槽 d—密封胶条流道 e—异型材流道

汇合过早，由于流道长，接胶时间长，高黏度熔融物的硬胶将嵌入低黏度熔融物的软胶内部，造成串位，使接胶位置移动，影响使用性能。

玻璃压条的机头结构如图 4-51 所示。

密封胶条（软胶）与硬胶粘合出模后的冷却定型，如图 4-52 所示。密封胶条是软质料，在表面没有完全硬化前，不宜接触定型模，同时软胶挤出模口后还有 110% ~ 120% 的离模膨胀，有一定的牵引收缩和冷却收缩的综合作用。为了防止软质密封胶条在定型模腔因接触定型模引起条纹、起毛、撕裂、黏滞堵模，一般把通过密封胶的型腔做得大些，让软胶

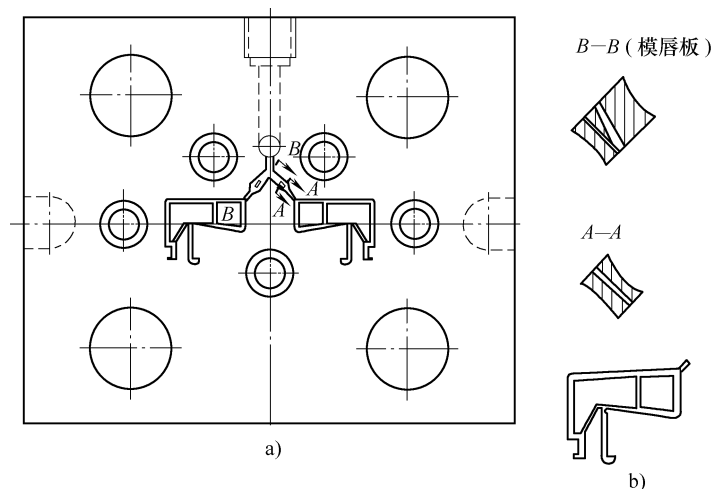


图 4-51 玻璃压条的机头结构
a) 机头结构 b) 制品截面形状

离开型腔壁，同时在软胶条进入的型腔口设计喷淋水冷却，快速固化。

(2) 后共挤出模具 后共挤出模具可成型完全离开机头后再汇合熔接在一起的密封条。有时一种型材可以按需要施加或不施加密封条，当需要施加软 PVC 密封条时就采用后共挤出方法。后共挤出机头结构如图 4-53 所示。

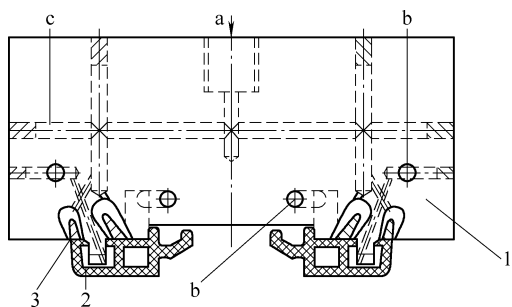


图 4-52 密封胶条（橡胶）与硬胶粘合出模后的冷却定型

1—冷却块 2—PVC-U 异型材 3—密封胶条
a—冷却水入口 b—与真空系统连接 c—冷却水通道

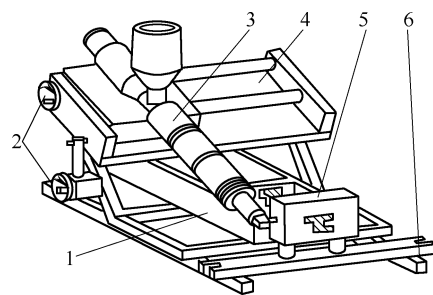


图 4-53 后共挤出机头结构

1—冷却水槽 2—调节轮 3—共挤出机
4—支承架 5—后共挤出模板 6—挤出辅机台面

为了实现熔融的软质材料与已经硬化成型的异型材的粘接，需要将粘接部位的异型材表层加热至微熔化状态，并通过对异型材表层微熔程度、软质材料的挤出压力和异型材承压的位置与时间等参数的调节，使得两种材料获得一定的连接强度，以满足制品使用的要求。同时又能在回收废料时，使两种料能分开回收再利用。

后共挤出模具可分为预热模板、复合模板、冷却水槽三部分，如图 4-54 所示。异型材首先进入预热模板 5，在预热模板内设置多个支承点 e，用来径向固定异型材，并保持其平直移动。在预热模板上还设置热风通道 c，将热风（由外接热风风枪生成）引向异型材上准备复合软质材料的部位。在热风通道的四周设置有发热元件，以进一步提高经过热风通道的热风温度，使型材上平面被热风加热部位的表层产生微熔。微熔层的状况可以根据热风的

枪的风量、发热元件控制的温度和牵引速度等因素进行调节，从而达到控制软质密封胶条和异型材之间的粘接强度的目的。要注意的是穿过预热模板的异型材与预热模板之间应该有隔热空腔 d，或者其他的隔热措施，防止异型材受热过多而引起形变。

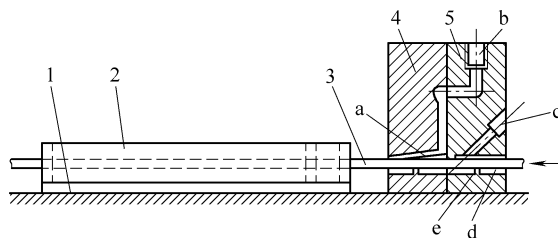


图 4-54 后共挤出模具

1—挤出辅机台面 2—冷却水槽 3—异型材 4—复合模板 5—预热模板
a—胶条流道 b—共挤出机接口 c—热风通道 d—隔热空腔 e—型材支承点

与共挤机头连接的螺纹接口 b 可以开设在预热模板上，通过导料管将共挤料流引向复合模板 4。在复合模板与预热模板的贴合面上开设有导料槽，向各个密封胶条流道 a 分配料流。密封胶条流道穿过复合模板，在离开复合模板之前与异型材微熔融面在过道汇合。热流软胶条与异型材接合后应及时冷却（在后面的水箱中冷却）。

第 5 章 中空制品机头设计与试模调机

5.1 中空制品概述

(1) 中空制品的特性和用途 塑料中空制品（也叫塑料容器）是塑料制品中的一个大类，主要制品有瓶、桶、罐及箱包、包装容器、储存罐、汽车油箱、工具箱等。

按型坯成型的方式，中空制品可分为挤出吹塑和注射吹塑两大类。也可用塑胶板通过焊接组合成型，还可用于旋转或热挤冷压法成型制品。挤出吹塑中空成型制品常用的塑料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯等热塑性工程塑料、热塑性弹性体等聚合物和各种共混物。这些塑料制品无毒、无味、质轻、耐腐蚀、阻隔性好、可密封、美观卫生、有足够的强度、可防水防潮、装满物品不破裂，广泛用于食品、化工产品、农药、医药、化妆品各种溶剂、液体、粉状、粒状物料的包装，且运输、携带方便。

由于中空制品由单一材质成型已无法适应商品对包装容器功能的需要，因而多层吹塑中空制品应运而生。如今多层中空制品可达 9 层，其中 2~5 层使用最为广泛。

如图 5-1 所示为立体连接管的中空制品，其主体是一个空间连接管，两端用软的材质，中间用硬的材质，这种连接管具有吸振、耐热、耐水蒸气等功能，且安装方便、灵活。通常立体连接管的内壁采用具有气密性和耐油性的塑料（如 EVA、EVOH、PA6），中间是软质的烯烃弹性体，外层则是硬质烯烃弹性体。

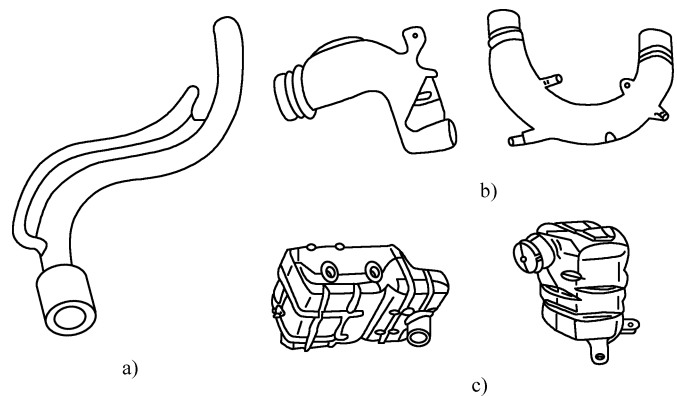


图 5-1 立体连接管

a) UHMW-HDPE 汽油加油管 b) 轿车发动机室内的管道 c) 汽车共鸣箱

(2) 中空制品的成型工艺 塑料中空制品的生产过程：按制品用料配方的要求把主要原料和辅料分别计量掺混搅拌均匀，经混炼造粒（专用挤出机可用粉料）投入挤出机塑化熔融，把塑料熔融料挤出成型为型坯，再把型坯置于成型模具内，用压缩空气吹塑成型中空制品。它包含两个基本步骤：先成型型坯，后用压缩空气（通过拉伸杆）来吹胀（并拉伸）型坯，使型坯贴近模具型腔，把模具型腔的形状和尺寸赋予制品，并冷却定型成为制品。吹

塑可较好地保证制品的外形尺寸，能成型其他方法无法生产的制品。

图 5-2 所示为挤出拉伸吹塑成型塑料瓶的生产工艺示意图。

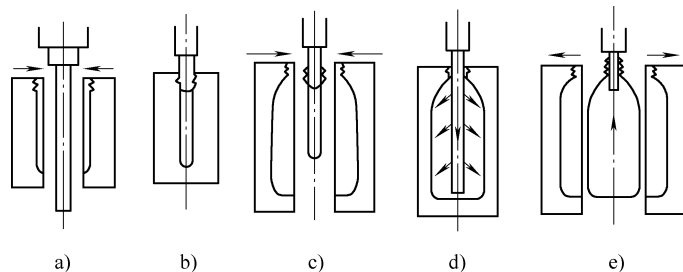


图 5-2 挤出拉伸吹塑成型塑料瓶生产工艺示意图

- a) 模具挤出坯管，合模动作 b) 坯管封底，定型 c) 坯管移至成型瓶模具内
d) 拉伸、吹胀坯管至成型瓶形 e) 冷却定型后脱模

(3) 中空制品的成型方法

- 1) 挤出吹塑法成型中空制品。先挤出型坯，再把型坯吹胀成制品，见图 5-2。
- 2) 注射吹塑法成型中空制品。把原、辅料投入注射机塑化熔融注射成型型坯，再把型坯吹胀成制品。图 5-3 所示为三工位注射吹塑成型塑料中空制品工艺流程。
- 3) 拉伸吹塑法成型中空制品。图 5-4 所示为四工位注射吹塑工艺流程，由注射、预处理、吹塑、脱模组成。

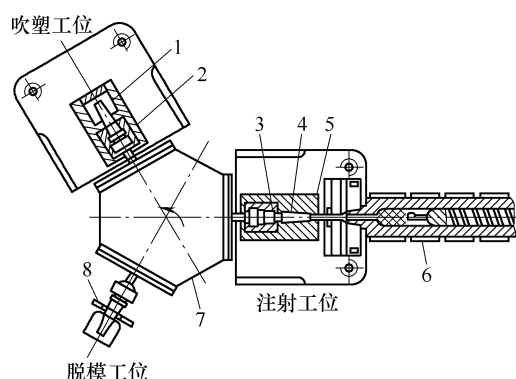


图 5-3 三工位注射吹塑成型塑料中空制品工艺流程

- 1—中空制品 2—成型模具 3—芯棒 4—制品型坯
5—型坯模具 6—原料塑化注射装置
7—模具转位固定架 8—脱模板

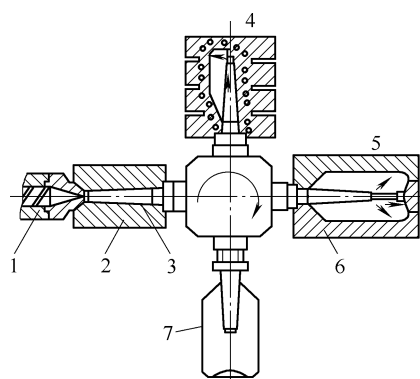


图 5-4 四工位注射吹塑一次成型中空制品工艺流程

- 1—注塑机 2—型坯模具体 3—型坯
4—型坯控温 5—型坯拉伸、吹塑
6—拉伸吹塑模具 7—制品脱模

拉伸吹塑法成型中空制品是把挤出或注射成型的型坯先进行纵向拉伸（用拉伸芯棒或拉伸夹具），再吹胀成型制品。由于中空制品的纵向、横向都被拉伸，其物理机械性能得到提高。

(4) 中空制品挤出成型的特点

- ① 原料塑化质量好。
- ② 可成型各种规格中空制品。

③ 可成型带有嵌件容器和带有把手容器及各种不规则形状的容器。

④ 能成型不同原料多层复合制品。

⑤ 模具结构比较简单, 制造费用低。

⑥ 较容易调换不同颜色的制品, 颜色在原料中分散较均匀。

(5) 中空制品挤吹成型过程

① 通过挤出机使聚合物熔融, 并使熔体通过机头成型为管状型坯。

② 型坯达到预定长度时, 吹塑模具闭合, 将型坯夹持在两个半边模具之间, 切断后再移到另一工位。

③ 把压缩空气注入型坯内, 吹胀型坯, 使其贴紧模具型腔成型。

④ 冷却。

⑤ 开模取出成型制品。

按出料方式不同, 挤出吹塑可分为直接挤出→吹塑和挤出→储料→压出→吹塑两大类。直接挤出吹塑的优点是设备简单, 投资少, 容易操作, 适用于多种塑料的吹塑, 但制品的壁厚较差。而挤出→储料→压出→吹塑的工艺特点是可以用小设备生产大容器, 在较短的时间内得到所需要的型坯长度, 保证了制品壁厚的均匀性。其缺点是设备复杂, 液压系统的设计和维修困难, 投资大。

5.2 中空制品生产设备

(1) 中空制品生产设备要求 挤出成型中空制品设备结构如图 5-5 所示。不论采用何种挤出机组或专用机组, 其挤出的型坯必须满足下列要求。

1) 各种型坯的尺寸、熔体黏度和温度均匀一致。

2) 型坯的外观质量好。

3) 型坯的挤出必须与合模、吹胀、冷却所要求的时间相同。

4) 型坯必须在稳定的速度下挤出。

5) 对温度和挤出速度应有精确的测定和控制。

6) 由于冷却时间直接影响吹塑制品的产量, 因此, 型坯总是在尽可能低的加工温度下挤出。低温挤出由于黏度高, 能产生较大背压和剪切力, 要求传动系统和止推轴承应有足够的强度。

挤出成型中空塑料制品的配套设备, 主要由挤出机、机头、制品成型模具组合件、成型制品动作控制系统等组成。

(2) 挤出机 一般选用普通的单螺杆挤出机生产中空制品, 螺杆长径比为 (20 ~ 25, 压缩比为 2 ~ 4)。挤出吹胀成型中空塑料制品用挤出机设备, 国家已标准化。塑料挤出吹塑中空成型机产品代号为 SCJ - L × 工位数,

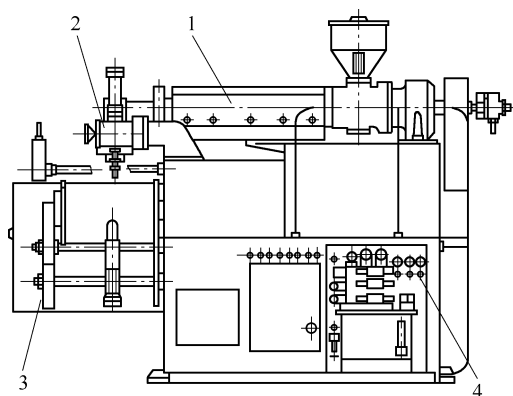


图 5-5 挤出成型中空制品设备结构

1—挤出机 2—型坯用模具 3—制品成型模具组合件 4—成型制品动作控制系统

塑料挤出拉伸吹塑中空成型机产品代号为 SCJL-L×工位数, 其中 L 为制品容积。

1) 挤出吹塑成型一体机如图 5-5 所示, 挤出吹塑成型这三项功能在同一台机完成。

2) 挤出吹塑成型分开机。

① 挤出机和挤出机头为一机。

② 吹塑模具和合模装置为一机。

吹塑成型制品形状的成型模具由自动模具开合机构和开合传动装置、固定模具和传动零件用的机架等组成。这种生产方式可实现自动化生产, 大大提高生产效率。

3) 连续挤出吹胀机。连续挤出吹胀成型中空塑料制品的顺序: 从挤出机中挤出已经混练、塑化均匀的熔料管坯至一定长度→制品用成型模具从吹胀冷却工位移至熔料管坯下方→管坯进入成型模具内→合模、切断管状供料→成型模具移至吹胀冷却位置(另一个成型模具同时动作移至管坯下方)→开模、成型塑料制品脱模。两成型模具往复互换位置移动, 使挤出吹胀成型中空塑料制品连续进行。这种生产方法设备结构简单、投资少, 生产工艺和操作都比较容易掌握。目前中小型挤出塑料制品厂一般都用这种方法生产, 如图 5-6 所示。

中空吹塑过程主要有中空吹塑模、挤出机、中空吹塑机头、中空吹塑辅机等。

④ 换位供料式挤出吹胀机。换位供料式挤出吹胀中空塑料制品与连续挤出吹胀生产方式基本相同, 只是供料方式由换向阀控制(成型机头固定), 把熔料分别交替向两个成型机头供料, 然后吹胀成型制品。

⑤ 转盘式连续挤出吹胀机。连续挤出的塑化熔料管坯分别供应给绕转盘轴线转动的多个成型模具, 随着转盘的转动完成合模、切断坯管、吹胀冷却及开模脱出塑料制品的动作。

聚乙烯挤出吹胀用挤出机一般用单螺杆挤出机, 螺杆可用渐变型, 长径比为 20~25。低密度聚乙烯适合挤出吹胀小规格中空产品。聚氯乙烯挤出机也选用渐变型单螺杆挤出机, 长径比为 20, 压缩比为 4。机筒出料口要装过滤网和多孔板(分流板), 料斗座和螺杆应通水冷却降温。

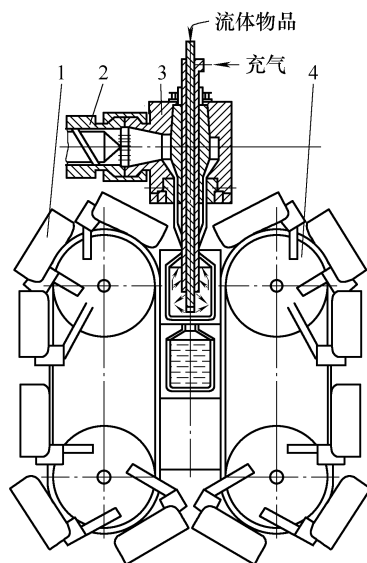


图 5-6 PE 坯料中空吹塑生产过程

1—中空吹塑模 2—挤出机 3—中空吹塑机头 4—中空吹塑辅机

5.3 中空制品机头设计

5.3.1 中空制品机头分类

吹塑机头一般分为直通式机头、芯棒式机头、转角机头和储料式机头。

(1) 直通式机头 直通式机头又叫中心进料式机头, 如图 5-7 所示。它结构简单, 存料少, 适合硬聚氯乙烯塑料的吹塑成型。直通式机头的成型过程: 熔料进入模具后, 先由分流锥把熔料分成筒状, 使熔料沿芯棒圆周均匀分布, 然后在口模处等压、等量挤出, 成型制

品用管坯。此种机头型腔熔料空腔小，熔料在型腔内停滞时间短，比较适合热稳定性差的PVC熔料成型。

(2) 侧向进料芯棒式机头 如图5-8所示，与中心进料不同之处是模具从侧面进料。成型时熔料垂直于芯棒进入模腔内，然后沿芯棒的圆周流动，形成环形向口模处移动。由于模具内空腔较大，熔料停滞时间长，适合挤出聚乙烯、聚丙烯、聚碳酸酯、ABS等塑料。

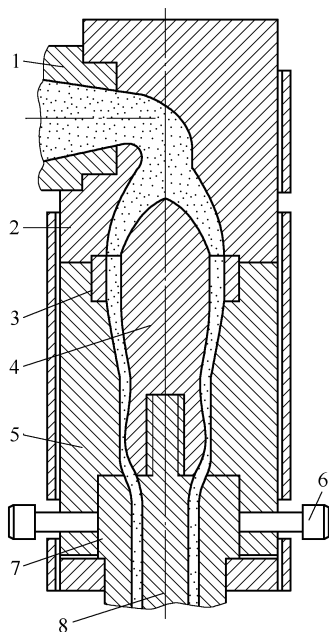


图 5-7 直通式机头结构

1—连接板 2—模具体 3—支架 4—分流锥体
5—中套 6—调节螺钉 7—口模 8—芯棒

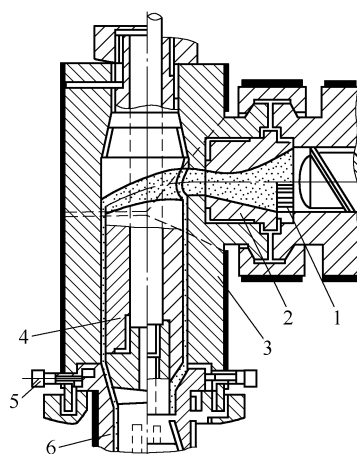


图 5-8 侧向进料芯棒式机头结构

1—多孔板 2—连接颈 3—模具体
4—芯棒 5—调节螺钉 6—口模

另外还有一种芯棒为螺旋形的机头，其结构如图5-9所示。熔料进入模具内沿芯棒上的螺旋沟槽向下流动，熔料在口模的圆周上分布均匀，压力也接近相等，成型的型坯质量较好。

(3) 储料式侧向进料机头 储料式机头适合生产大型容器，它可以减少型坯自重引起的下垂。如100L以上的塑料桶的型坯成型时，一次用料量很大，采用普通模具很难一次性满足用料量要求，而且挤出速度较慢。用料多的型坯挤出一定长度时，因自重太大，容易拉伸成长颈，无法保证型坯的成型质量，所以要用储料式机头，其结构如图5-10所示。储料式机头与普通机头不同之处是在模具体内增加一个熔料储料缸。当熔料储料缸达到预定设置量时，模具上的液压缸活塞快速下移，把熔料推出口模，成型型坯。在环形活塞推料的同时，螺杆继续旋转工作，塑化下次型坯供料。这样不停顿地塑化供料，可缩短生产周期，保证产品质量。

5.3.2 中空制品机头设计要点

(1) 压缩比 模具最大型腔中的环形截面积与口模和芯棒间隙的截面积之比叫压缩比。通常选择压缩比为2.5~4。

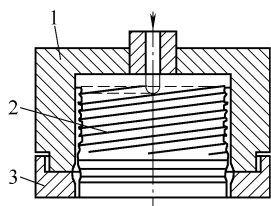


图 5-9 螺旋进料式机头结构

1—模具体 2—螺旋芯棒 3—压紧法兰

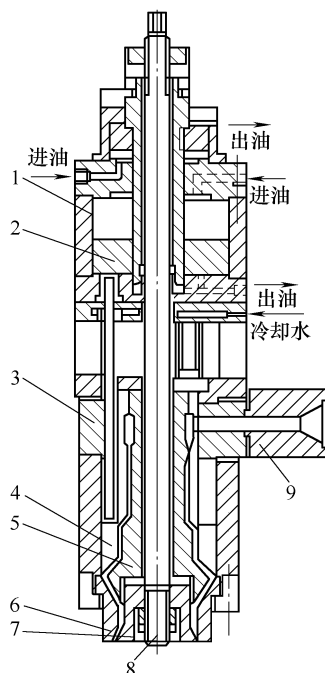


图 5-10 储料式侧向进料机头结构

1—液压缸 2—液压缸活塞 3—连接件
4—推料环形活塞 5—芯棒 6—口模
7—芯模 8—连杆 9—连接颈

(2) 口模与芯棒的间隙和结构尺寸 口模与芯棒配合形成的间隙，是成型型坯厚度的部位。此处可以是平直形，也可以是发散式（见图 5-10）。间隙的大小可由芯轴的轴向移动或调节螺栓来控制。

芯棒与口模结构尺寸的确定，与制品的直径和壁厚、质量要求、形状、吹胀比（一般取值 2~4）、原材料的性能（挤出后的型坯膨胀量）等紧密相关。如工程塑料 ABS 型坯膨胀系数小，口模间隙与型坯尺寸接近。若成型聚烯烃型坯时，膨胀系数大于工程塑料，口模与芯棒间隙可较小。聚烯烃材料挤出吹塑机头成型段长度与口模间隙之比为 10~15，口模的发散角为 20°。聚乙烯挤出吹塑机头成型段长度与口模间隙之比为 10~15，发散角为 15°。PE 挤出吹塑机头成型段长度与口模间隙的关系见表 5-1。

表 5-1 PE 挤出吹塑机头成型段长度与口模间隙的关系 (单位: mm)

口模间隙	<0.75	0.75~2.5	>2.5
平直段长度	6.5~9.5	9.5~20	20~40

(3) 吹塑型坯厚度控制 控制壁厚可以通过手动调节、程序控制、改变口模形状等方式。

1) 手动调节。图 5-7 与图 5-8 所示口模外圆设有调节螺钉，可通过调节螺钉调整间隙。在图 5-10 中，转动芯棒上的调节螺母，让芯棒轴上、下移动，也使芯棒和口模的间隙产生变化，从而得到不同厚度（壁厚）的型坯。

2) 采用程序控制器并与液压系统配合，通过改变环形口模的缝隙，以恒定的流速挤出

熔料,达到对型坯壁厚的控制。

3) 环形口模异形化。例如把口模与芯棒间的圆环形间隙改为图 5-11a 所示的形状,改方形坯拐角处为图 5-11b 所示的口模间隙形状,以达到方形制品圆周壁厚的均匀性。

(4) 口模外圆倒角 口模出料口处的倒角处理如图 5-12 所示。有些塑料在口模出胶口产生翻转现象,或在模口粘胶粒或渣粒,把型坯拉成条纹,通过倒一点小圆角可使出胶顺畅、稳定,避免产生不良现象。

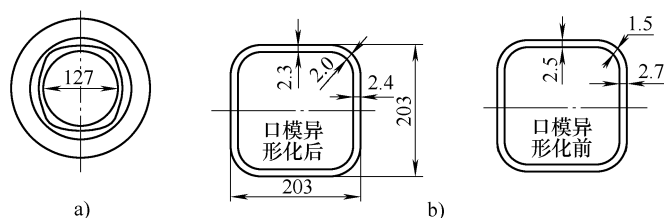


图 5-11 口模形状变化对制品壁厚的影响

a) 口模间隙异形 b) 异形口模间隙成型制品

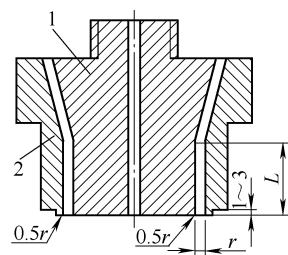


图 5-12 模具口模外圆倒角

1—芯棒 2—口模

5.3.3 中空制品机头设计要求

中空制品机头设计的好坏直接影响制品的质量和生产效率。设计模具首先必须满足成型工艺的各种要求,主要包括尺寸精度、使用寿命、冷却条件、裁剪边缝形状、排气部位、型腔表面处理、分型结构、颈部内孔尺寸控制与端面处理、制品表面凹陷的处理方法、吹气喷嘴设置、模内飞边的裁切、制品顶出杆的配置、模内制品分切、其他预埋零件的植入等要求。另外还要考虑模具更换和操作过程中方便简单。

(1) 普遍中空制品挤出机头设计要求

- 1) 结构紧凑合理。
- 2) 机头的连接部分应和挤出机的铰链板相吻合。
- 3) 芯棒可上下调节(也有不能调节的)。
- 4) 芯棒可设计阻流装置,使周边出胶压力平稳。
- 5) 大型毛坯机头应设置储料装置,储料量应大于制品重量。

6) 口模和芯棒都要经过调质处理或淬火处理,硬度为 25~32HRC。

7) 机颈与口模处都要装温度计,以方便调节温度。

(2) 中空吹塑管状桶坯机头设计要求 中空吹塑管状桶坯机头结构与塑料管材机头结构相似,可参考塑料管材机头结构进行设计。中空吹塑管状桶坯机头的主要技术参数是压缩比、毛坯下垂与膨胀比、吹胀比与毛坯机头的出口间隙。中空吹塑管状桶坯机头结构如图 5-13 所示。

- 1) 压缩比为 2.5~4。

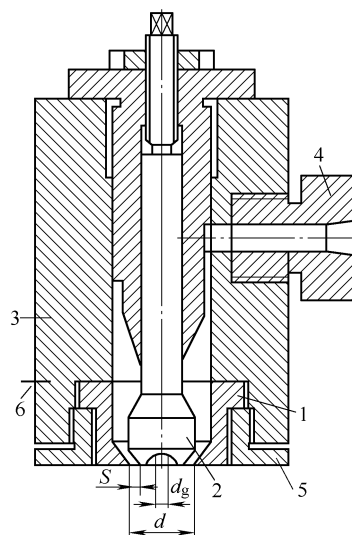


图 5-13 中空吹塑管状桶坯机头结构

1—口模 2—坯芯 3—机体 4—机颈

5—法兰盘 6—温度计

2) 毛坯下垂与膨胀比。毛坯挤出后,仍处于熔融状态,因自身的重量会造成毛坯下垂伸长,影响中空制品的厚薄不均。因此在可能的条件下,要尽力控制毛坯下垂伸长。通常采用加快挤出毛坯的速度、减少毛坯在空间的停留时间等办法来解决。毛坯挤出后,因压力消除而膨胀,膨胀的计算方法可按下面经验公式计算

$$\varepsilon = \frac{D-d}{d}$$

式中, ε 是膨胀比; D 是管坯离开口模的实际直径; d 是机头的口模直径。

毛坯离开口模的膨胀现象应严格控制,通常采用升高温度或降低挤出速度的办法来控制。

3) 吹胀比与毛坯机头的出口间隙。吹胀比是毛坯直径与塑件的最大直径之比。吹胀比要选择适当,过大容易造成塑件薄厚不均。吹胀比可按下面经验公式计算

$$b = D_1/d_1$$

式中, b 是吹胀比; d_1 是塑件的外径; D_1 是毛坯外径。

出口间隙是设计机头的主要技术参数,它直接影响着塑件的质量,出口间隙可按下面经验公式计算

$$S = tba$$

式中, S 是机头的出口间隙; t 是塑件壁厚; b 是吹胀比 (取 2~4); a 是修正系数 (一般取 1.0~1.5)。

5.3.4 中空制品吹塑冷却定型模具设计

中空制品吹塑冷却定型模具又叫吹塑成型模具,它一般由两个半模片组成。模具的开闭运动有水平移动或垂直移动。也可用铰链为支点,两个半边模以支点为中心沿圆弧线运动开闭。另外对于底部有下凹或在平面留出空间的中空制品,成型模具要设计成三开或四开结构,才能使制品顺利脱模。

(1) 吹塑成型模具的特点

- 1) 一般只有凹模。
- 2) 型腔受到的吹胀压力比较低,一般为 0.2~1.0MPa,个别情况到 2MPa。
- 3) 模具型腔的磨损比较小。
- 4) 吹塑制品上较深的凹陷,一般不需要滑动嵌块也可方便脱模,故模具造价较低。
- 5) 除长期生产,一般型腔表面不需要硬化处理。

(2) 吹塑成型模具的要求

- 1) 可成型各种形状复杂的产品。
- 2) 能有效夹断型坯,以保障产品接缝处的强度。
- 3) 能有效地排气。
- 4) 能快速、均匀地冷却制品,并尽量减少模具型腔表面的温度梯度,以减少成型时间与制品弯曲变形。

(3) 吹塑成型模具设计的基本技术要求

1) 分型面。分型面的位置应能使制品从模具型腔内顺利脱模。简单模是平面分型,复杂件是曲面分型,分型面为两个半模组合成一体。对圆形制件通过直径对分型;对椭圆形

容器,分型面应通过椭圆的长轴对分型;对矩形容器,分型面应通过对角线,以方便出模;对复杂面应是对中的曲面分型,曲面分型要确保分型面的密合度。

2) 模具型腔。模具型腔直接影响制品的形状、尺寸与外观。如果模具表面粗糙度大,就不需要再排气,因粗糙的表面使型坯与模内型腔之间存在间隙可以排气。用于吹塑 PE 中空制品的成型模具可粗糙些,以有利排气。排气好制品冷却快,各处收缩也均匀。

3) 成型模的冷却。成型模的冷却速度和均匀性很重要,冷却不均匀各处收缩有差异,引起制品弯曲、颈部歪斜等现象。冷却速度还影响到结晶度和性能的均衡。对工程塑料的吹塑应采用较高的模具温度,以提高制品的外观性能质量。

4) 进气方式。不论是上吹、下吹还是平吹方式,都要以保证压缩空气的压力能顺利吹胀型坯,使型坯得到轮廓明显和字母、花纹清晰的制品为原则。

5) 螺杆转速。应尽可能采用较快的转速。否则型坯的黏度低,挤出速度慢,会因自重作用引起下垂,造成壁厚不均,无法成型。

6) 成型模具材料。可用铸铁、锌合金、铝合金铸造加工,也可用碳素钢、不锈钢加工制作。

(4) 吹塑成型模具结构设计和应用要求

1) 模具型腔面交接处应是圆弧过渡,不应有直角过渡线。

2) 在成型模具端部要设有夹持坯管口,其作用是切除制品多余料和夹持吹胀前的坯管。夹持口的形状尺寸如图 5-14 所示。其尺寸的确定要考虑它对制品成型和强度的影响。经验数据一般取 $h=1\sim 2.5\text{mm}$, $H=3\sim 5\text{mm}$, $\beta=15^\circ\sim 45^\circ$ 。

3) 为使吹胀后的型坯贴紧模具内腔壁,得到较好的制品表面,应在型坯和模具间留出排气孔。通常在适当位置钻 $0.2\sim 0.5\text{mm}$ 的排气孔或在型腔结合面留出 $0.1\sim 0.2\text{mm}$ 的排气沟槽,如图 5-15 所示。

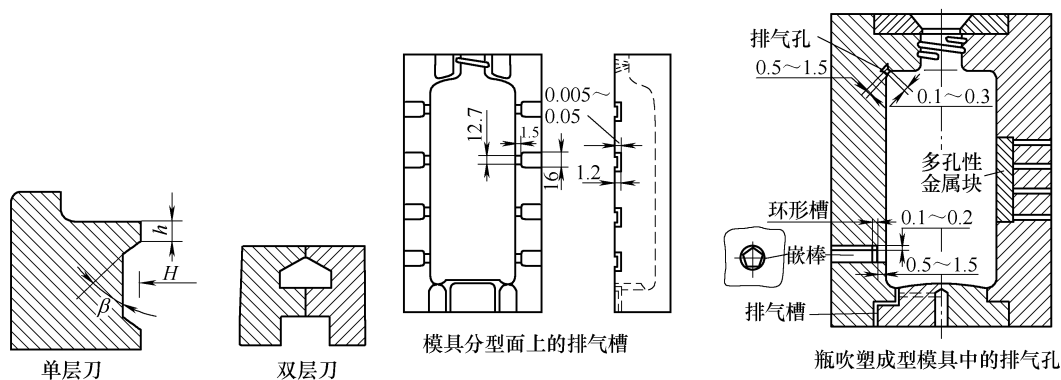


图 5-14 模具夹持口形状尺寸
 h —刀口宽 H —刀口深 β —斜率

图 5-15 吹塑成型模具排气方式

4) 模具要用导热性能好、能够承受合模强度和吹胀压力的材料制作,常用材料为铝、铝合金、不锈钢等。

5) 为了加快吹胀后制品的降温,必要时制品成型模具要采用循环冷却水降温。聚乙烯吹胀制品用模具温度,工作时应不大于 40°C 。吹胀的中空制品应能在模具内快速、均匀冷却降温,以缩短生产周期和防止制品翘曲。

6) 模具内腔表面粗糙度要求不高,必要时表面还需要喷砂(40目)处理,以方便吹胀制品时空气从模具与制品表面间隙逸出。

7) 模具应能承受一定的吹胀制品时的空气压力(吹胀空气压力一般在0.2~1MPa)。吹塑时,空气进入的容积速率应较大,这样可缩短吹胀时间,使制品得到较均匀的厚度和较好的表面质量。但是空气进入的容积速率也不能过大,否则会产生两种不正常现象:一是在空气进口处产生低压,使这部分型坯内陷;另一种是空气把型坯在口模处冲断,以致不能再吹胀。

(5) 吹塑成型模具结构分类

1) 等距离开闭式模具。等距离开闭式模具指组成制品型腔的两半模体,工作时可水平或垂直等距离开、闭模,也可采用一块模板固定,而由另一块模板移动完成模具的开、闭模动作。

2) 铰链式模具。铰链式模具的结构特点是组成制品型腔的两半模体由铰链连接成一体,两个半边模板由手动或机械、气压、液压驱动,以铰链为支点,沿固定的圆弧线动作,完成两半模板的开、闭模动作。这种模具结构简单,制造方便,适合简单的中空制品吹塑成型。但由于合模力小,只适合小型中空制品生产,生产较大制品时会出现吹塑毛边现象。

3) 三开或四开式模具。塑料中空制品结构如果出现有的顶部向下凹,有的底部无切料线或上下部无法脱模时,就应考虑应用三开或四开式模具结构。制品脱模时,先把模具中的上下模板移开,再移开左右模板,方可取出制品。

4) 特殊结构模具。对于一些特殊形式结构的中空制品成型,如双层壁结构中空制品、带有空气夹层的箱体及多层材料复合成型的异型中空制品成型,都要用特殊结构模具成型,以满足制品成型的需要。

中空瓶、桶的成型模具通常由两个半模组成,因承受的压力较低,强度要求不高,多用钢材或铝合金(铸铝)制作。模具的切口的宽度可选0.5~1.5mm,角度为15°~30°。为了提高生产效率,还可使用多模腔模具或转盘式多工位模具连续换位生产。

5.3.5 中空制品型坯壁厚控制

先进的吹塑成型机都带有型坯壁厚控制装置,以提高制品质量和节省原材料。该装置按预先设计的程序,通过伺服阀驱动液压缸,使倒锥式芯模上下移动,控制通过口模的物料量,从而使型坯相应部位达到所需要的厚度。壁厚控制装置有10点、20点、30点等多种,控制的电极越多效果越好,但设备也会更贵。型坯轴向壁厚控制装置原理如图5-16所示。

除上述轴向壁厚控制装置外,还有径向壁厚控制装置,即在口模内侧面安装可挠性环,通过伺服阀和伺服液压缸,使口模缝隙在圆周方向的两点或四点上变化,以达到控制径向厚度。型坯径向壁厚控制装置原理如图5-17所示。

型坯达到要求长度后应进行切断。切断装置要适应不同塑料品种的性能。在两块模组成的吹胀模具中,是依靠加工成刀刃式切料口的模腔上、下口切断型坯的。切料口的刀刃形状直接影响产品质量。切料口的刀刃有多种形式,自动切刀有平刃和三角形刀刃。对硬聚氯乙烯透明料型坯,一般采用平刃刀,工作前要对切刀加热。

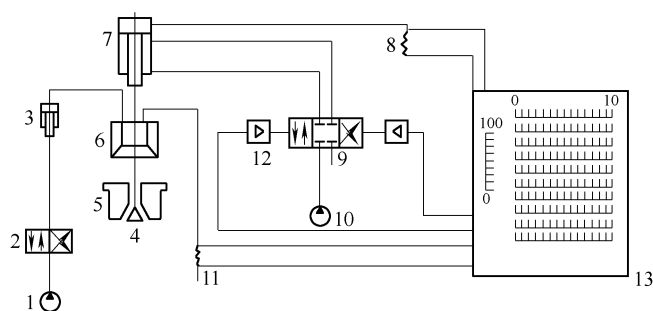


图 5-16 型坯轴向壁厚控制装置原理

1, 10—液压泵 2—电磁阀 3、7—液压缸 4—芯模 5—机头 6—压料器
8—壁厚伺服信号 9—伺服阀 11—储料量反馈信号 12—放大器 13—程序控制器

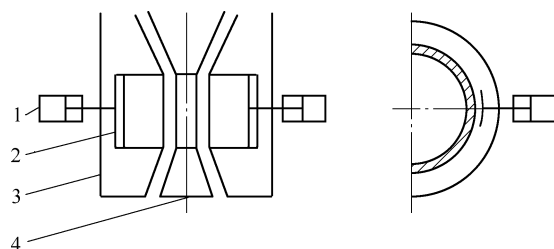


图 5-17 型坯径向壁厚控制装置原理

1—伺服液压缸 2—可挠性环 3—机头 4—芯模

5.4 典型中空制品成型试模调机

5.4.1 中空制品综合工艺要求

(1) 基本工艺参数

- 1) 成型温度。挤出机塑化原料时的机筒温度：LDPE 料为 $140 \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，HDPE 料为 $150 \sim 210^{\circ}\text{C}$ ，PC 料为 $250 \sim 270^{\circ}\text{C}$ 。机筒加料段和过渡段加热温度可稍低。
- 2) 吹胀成型中空制品的模具温度应控制在 $20 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 。
- 3) 吹胀空气压力应控制在 $0.2 \sim 0.8\text{MPa}$ 。
- 4) 吹胀比吹胀后制品横向最大直径与坯管直径之比为 $1.5 \sim 3$ 。一般小型中空制品取较大值，大型中空制品取较小值。

(2) 质量要求

- 1) 桶或瓶按用途分类标准。S 表示食品、医药类包装用桶或瓶，H 表示未列入危险品的化工类产品包装用桶或瓶。
- 2) 口、盖用螺纹结构，从拧紧到脱扣必须旋转 1 圈以上。
- 3) 桶或瓶的实际容量应大于公称容量的 5%。
- 4) 桶体或瓶体实际质量与核定质量允许偏差为 $\pm 8\%$ （桶或瓶的规格为 $1 \sim 30\text{L}$ ）。

5) 桶或瓶体实际外形尺寸与设计尺寸允许偏差为 $\pm 5\text{mm}$ (桶或瓶的规格为 1 ~ 30L 时的外径和高度)。

6) 桶或瓶的外观质量。1 ~ 5L 的桶或瓶不准有气泡, 大于 5L 时, 直径小于 2mm 的气泡允许不超过 2 个; 黑点杂质长度小于 1.5mm 时, 1 ~ 2.5L 不许超过 3 个, 3 ~ 5L 不许超过 5 个, 黑点杂质长度小于 0.5mm 时不计; 不许有油污, 不许有表面擦痕, 壁厚和色泽要均匀。

7) 力学性能应达到表 5-2 的要求。

表 5-2 中空制品的力学性能要求

序号	项目	规 定				
1	密封试验	不泄漏				
2	跌落试验	不破损, 不崩盖, 撞击时允许桶口有少量漏液, 以后不再渗漏				
3	悬挂试验	公称容量/L 残留变形量/mm	1 ~ 5 ≤ 2	10 ~ 15 ≤ 3	20 ~ 40 ≤ 4	50 ~ 200 不裂
4	堆码试验	不倒塌				
5	应力开裂试验	开裂的试样数(桶体、盖)小于投入试验试样数的 50%				
6	内装液试验	符合本表第 1 项、第 2 项、第 4 项、第 7 项的规定				
7	液压试验	无破损, 不泄漏				

注: 耐内装液和液压试验只限于 T 类危险品包装用桶。

5.4.2 聚乙烯瓶成型试模调机

(1) **原材料准备** 聚乙烯瓶是指容积为几十毫升至几升的各种小规格中空制品。这类塑料瓶用挤出吹塑成型, 与聚乙烯桶的生产成型工艺相似。聚乙烯瓶既可用熔体流动速率 (MFR) 为 0.5 ~ 3g/10min 的线型低密度聚乙烯 (LLDPE), 也可用熔体流动速率为 0.10 ~ 1.2g/10min 的高密度聚乙烯树脂 (HDPE)。

(2) **生产设备** 无特殊要求, 挤塑 PE 料通用型单螺杆挤出机都可用。螺杆的长径比为 20 ~ 25, 压缩比为 2 ~ 4, 螺杆大小按一次成型用料量多少决定。

(3) **PE 挤出吹塑用的机头** 可参照中空挤出机头设计要点设计其相关工艺参数。

(4) **成型工艺参数** 挤出塑化原料时的机筒温度: LDPE 料加料段为 110 ~ 130℃, 塑化段为 140 ~ 160℃, 均化段为 170 ~ 180℃; HDPE 料加料段为 130 ~ 150℃, 塑化段为 160 ~ 180℃, 均化段为 190 ~ 210℃。从机筒加料段至均化段温度逐渐提高, 机头温度比均化段稍低。

吹胀成型中空制品的模具温度控制在 20 ~ 50℃。

吹胀空气压力为 0.3 ~ 0.6MPa。

吹胀比为 1.5 ~ 3, 小型中空制品取较大值, 大型中空制品取较小值。

(5) 聚乙烯瓶的质量要求

1) 瓶的外观质量要求。

① 瓶口的端面应平整无毛刺, 毛边不超过 0.3mm, 螺纹外表圆滑, 瓶盖旋入顺畅且旋紧后不漏液, 瓶口无崩缺、残缺。

② 瓶体成型饱满、色泽均匀, 无气泡、接口线痕、生料冷斑、污点、色块和雾状现象。

③ 瓶底的注射口不能高于底平面, 一般应淡化不明显。

2) 瓶的高度偏差。

① 高度 $H < 150\text{mm}$ 时极限偏差为 $\pm 0.5\text{mm}$ 。

- ② 高度 $150\text{mm} \leq H \leq 220\text{mm}$ 时极限偏差为 $\pm 1.0\text{mm}$ 。
- ③ 高度 $H > 220\text{mm}$ 时极限偏差为 $\pm 1.5\text{mm}$ 。
- ④ 瓶的装液量应大于公称容量的 1 % 以上, 不允许装液量小于标准质量或容量。
- 3) 瓶的力学性能。
 - ① 密封性。应达到装满液体物料时无渗漏现象。
 - ② 垂直截面压力。垂直截面压力不小于 100N。
 - ③ 跌落性能试验。应达到无破裂现象。
 - ④ 耐寒性能。在 -20°C 的温度线上无明显变化。
- 4) 瓶子的垂直度偏差。
 - ① 高度 $H < 150\text{mm}$ 时垂直度的极限偏差 $\leq 3.0\text{mm}$ 。
 - ② 高度 $150\text{mm} \leq H \leq 220\text{mm}$ 时垂直度的极限偏差 $\leq 4.5\text{mm}$ 。
 - ③ 高度 $H > 220\text{mm}$ 时垂直度的极限偏差 ≤ 6.4 。

5.4.3 聚丙烯瓶成型试模调机

(1) 原材料准备 聚丙烯瓶的挤出吹塑成型多选择熔体流动速率为 $0.5 \sim 2\text{g}/10\text{min}$ 的 PP 树脂, 如北京产的 B4901、B4220、B205、B200 和抚顺产 EP-Q30R、Q30P、S30Q 等 PP 树脂。不但可生产一般用途的饮料瓶、矿泉水瓶, 还可挤出吹塑成型医用输液瓶。

(2) 生产设备

1) 挤出机。选用挤塑 PP 料专用普通型单螺杆挤出机。螺杆直径应根据成型瓶子的用料量决定, 一般小容量瓶选用 $\phi 45\text{mm}$ 挤出机, 大容量瓶选用 $\phi 65\text{mm}$ 挤出机, 长径比 > 20 , 压缩比为 3 ~ 4。

2) 挤出坯管机头。一般采用图 5-18 和图 5-19 所示直角式侧向进料机头与带有储料缸式坯管机头。一次用料量较小时应选用直角式侧向进料机头, 一次用料量较大时应选用带有储料缸式机头。

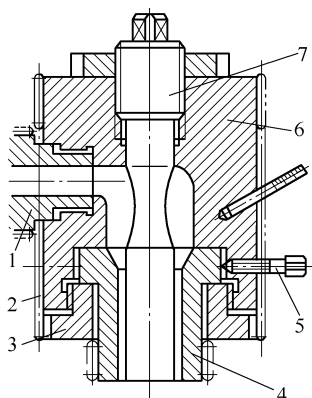


图 5-18 直角式侧向进料机头

1—连接颈 2—电热装置 3—锁紧螺母 4—口模
5—调节螺钉 6—模具体 7—芯棒

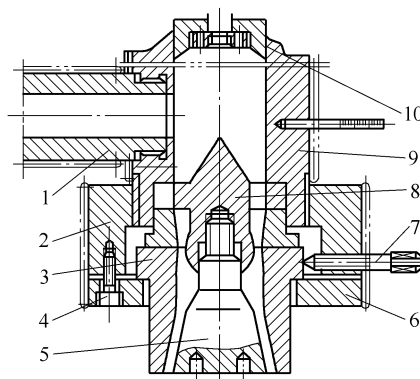


图 5-19 带有储料缸式坯管机头

1—连接颈 2—模具体 3—口模 4—螺钉
5—芯棒 6—压板 7—调节螺钉 8—分流锥
9—储料缸体 10—推料活塞

(3) 成型工艺温度

- 1) 加热温度。原料在挤出机筒内的塑化温度，加料段为 140 ~ 170℃，塑化段为 180 ~ 200℃，均化段为 210 ~ 240℃。
- 2) 机头温度为 220 ~ 230℃。
- 3) 吹塑成型制品的吹塑冷却定型模具温度为 20 ~ 50℃。

(4) 吹塑成型模具 由挤出机头挤出的管坯先进行底部熔合，然后将其加热至适合拉伸吹塑温度，再把管坯移至成型制品的模具内，在内部（拉伸芯棒）或外部（拉伸夹具）机械力的作用下进行纵向拉伸。两个半圆模具闭合，拉伸后吹入压缩空气把坯管吹胀（即径向拉伸）从而成型瓶子制品。热坯法挤出拉伸吹塑成型瓶子工艺流程如图 5-20 所示。

PP 塑料瓶的挤出、拉伸、吹塑成型生产工艺顺序与挤推成型差别是：由挤出机前部模具挤出的管坯先进行底部熔合，然后将其加热至适合拉伸吹塑温度，移至成型制品的模具内，在内部（拉伸芯棒）或外部（拉伸夹具）机械力的作用下进行纵向拉伸，同时或拉伸后吹入压缩空气把坯管吹胀（即径向拉伸）而成型瓶子制品。如图 5-20 所示是挤出、拉伸、吹塑成型塑料瓶生产工艺示意。

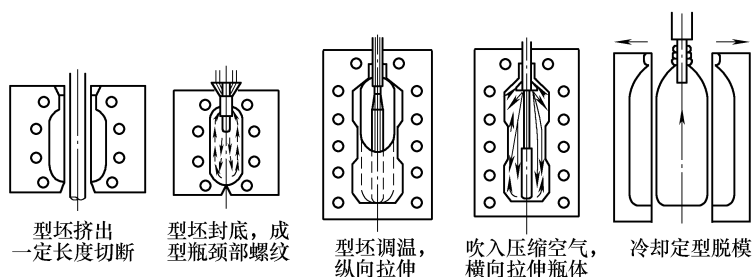


图 5-20 热坯法挤出拉伸吹塑工艺流程

(5) 挤出拉伸吹塑成型自动生产线 图 5-21 所示是 PP 瓶挤出拉伸吹塑成型自动生产线，它可实现自动化生产。在生产过程中由于受双轴向拉伸后的分子重新排列定向，制品的冲击性、低温强度、刚性、阻隔性都有明显的提高，透明度和表面粗糙度也得到改善。产品厚度减小，不仅节约材料还降低了成本。这种小型 PP 塑料瓶多用于食品、饮料、化妆品和日用化工产品的包装。

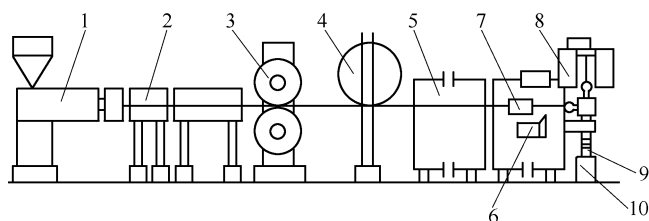


图 5-21 聚丙烯瓶挤出拉伸吹塑成型自动生产线

- 1—挤出机 2—坯管成型定型与冷却 3—牵引坯管 4—平衡环 5—坯管加热烘道
6—切割 7—缓冲器 8—带瓶颈定位的合模装置 9—夹具 10—自动拉伸吹塑成型机

(6) 聚丙烯瓶生产工艺要点

- 1) 对聚丙烯瓶，不同的生产方式所用的原料都相同。

2) 聚丙烯瓶成型前所用的管坯挤出设备都相同,不同的是成型管坯后坯管的制颈和封底工艺。

3) 原料塑化温度经机头出模后应控制在 200 ~ 220℃,坯管成型后要迅速把冷却到 85 ~ 110℃ 的结晶温度区,以防止球晶形成。

4) 坯管再次加热、成型瓶颈、封底和切断,是瓶制品成型拉伸前的瓶坯工序,之后才能拉伸和吹塑成型为制品。

5) 瓶坯温度拉伸前要加热到玻璃化和熔化温度之间,一般为 140 ~ 160℃,在料坯受热均匀、温度一致后再拉伸。

6) 拉伸芯棒要从瓶口一直插到瓶底,再吹入压缩空气吹胀瓶坯。

7) 一般 PP 料制品的拉伸倍数应控制在 5 ~ 10。PP 制品的拉伸比为 1.5 ~ 2.5,吹胀比为 3 ~ 5。

8) 拉伸夹具用于坯管两端的夹持,在制品拉伸吹胀前应完成夹持。

(7) 挤出成型工艺参数 坯管吹塑成型瓶制品吹胀比为 2 ~ 5,对大型制品取较小值,小型制品的最大吹胀比可选 5。拉伸比为 1.5 ~ 2。管坯加热烘道把聚丙烯瓶坯加热至原料的玻璃化温度和熔化温度之间,即 145 ~ 155℃,且瓶坯各部位温度应一致。吹胀坯管制品用压缩空气压力为 0.2 ~ 0.7 MPa,厚壁制品取较小值,薄壁大型制品取较大压力值。如果制品的夹口处壁厚尺寸过大或制品表面有斑纹,说明模具温度偏低,可减少冷却水量,提高模具温度。冷却定型时间应占制品成型周期总时间的 50% ~ 60%。

(8) 质量要求 瓶子制品应表面光洁,在阳光下检查无色差、变色和色不均匀,无熔料结合痕,壁厚应均匀。机头口模出料不均或壁厚误差大时,要及时调整口模与芯棒间隙。瓶内装满水后旋紧盖从 1.2m 高处坠落 3 次应无破裂、损坏,卫生指标应符合 GB 9688—1988《食品包装用聚丙烯成型品卫生标准》的规定。

5.4.4 聚氯乙烯瓶成型试模调机

(1) 原料选择准备 选用悬浮式法生产的 SG6 或 SG7 型聚氯乙烯树脂。目前全国有多家工厂生产挤出吹塑 PVC 瓶专用 PVC 树脂,树脂密度为 1.38 ~ 1.98g/cm³,用于食品、饮料、药品、调味品的包装,主料 PVC 和辅料(增塑剂、稳压剂)均应符合卫生标准。

PVC 瓶原料配方及应用见表 5-3。

表 5-3 PVC 瓶原料配方(质量份)及应用

原 料 名 称	普通瓶	透明瓶	无毒瓶	矿泉水瓶
聚氯乙烯(SG6 或 SG7)	100	100	100	100
甲基丙烯酸酯-丁二烯-苯乙烯共聚物(MBS)	—	8.0	5.0	10.0
ABS	8.0	—	—	—
环氧大豆油(ESO)	—	2.0	1.5	4.0
硬脂酸丁酯	1.0	—	1.0	—
硬脂酰苯甲酰甲烷(Rhodiastab 50)	—	—	—	0.15
聚乙烯蜡	—	—	—	1.0
亚磷酸三壬基苯酯(NTP)	—	—	—	0.3
硬脂酸钙(CaSt)	—	0.5	—	1.0
硬脂酸(HSt)	—	0.8	0.5	—
二月桂酸二丁基锡	4.0	—	—	—
马来酸二正辛基锡	3.0	—	—	—
邻苯二甲酸二辛酯(DOP)	—	3.0	4.0	—
双二正辛基锡	—	3.0	3.0	—
色料(蓝色)	适量	适量	适量	适量

(2) 生产设备 选用通用型单螺杆挤出机塑化熔融、挤出成型料坯，螺杆结构为等距渐变型，长径比为 $L/D \geq 20$ ，压缩比为 4，机筒前与机头接口处加多孔板和过滤网，料斗座和螺杆要通水降温。挤出机头选用直角式侧向进料挤出机头，成型冷却定型模用两开或多模旋转式。

(3) 成型工艺

1) 生产工艺流程。原料按配方要求计量→高速混合机混合原辅料、掺混均匀→造粒→挤出机塑化原料→熔融料在机头均化压缩成型管坯→管坯在成型模具内吹胀成型→冷却定型后开模→制品脱模修边→成品检验入库。

2) 原料配混造粒。按造粒程序操作。配方料用高速混合机混合均匀，料温达到 75℃ 时加入改性剂 MBS，料温达到 85℃ 时加入润滑剂，料温度达到 100 ~ 105℃ 可结束混料。

3) 成型温度。机筒加料段为 130 ~ 150℃，塑化段为 160 ~ 170℃，均化段为 170 ~ 180℃。机头模具温度为 170 ~ 175℃。

4) 吹胀压力。管坯吹胀成型制品用空气压力为 0.3 ~ 0.5 MPa。

5) 吹塑成型模具温度为 20 ~ 30℃。

6) 生产流程。热坯法挤出拉伸吹塑工艺流程如图 5-20 所示，冷坯法挤出拉伸吹塑工艺流程如图 5-22 所示。

5.4.5 共挤出吹塑成型试模调机

共挤出吹塑也叫多层吹塑，目前广泛用于各种包装容器，特别是饮料的包装。

(1) 共挤出吹塑的特点 各种塑料对氧、二氧化碳及湿气的渗透率是不同的。用高阻氧气渗透性的塑料来吹塑包装容器，成本很高，而阻氧或二氧化碳渗透性较高的塑料其他的性能指标又往往偏低。在这种情况下，通常采用共挤吹塑成型，即把多种聚合物复合在一起，成型为多层容器。

共挤吹塑的优点：

- 1) 可提高容器的阻渗性能。
- 2) 可提高容器的强度、刚度、尺寸稳定性、透明度、柔软性、耐热性。
- 3) 可改善容器的表面性能（如光泽性、耐刮伤性、印刷性）。
- 4) 在满足强度或使用性能的前提下，可降低容器成本。

5) 可吸收紫外线。

6) 可在不透明容器上形成一条纵向透明的视带，以观察容器内液体的高度。

(2) 共挤出吹塑制品的结构及组成 共挤出吹塑制品壁内的各层由不同的聚合物组成，

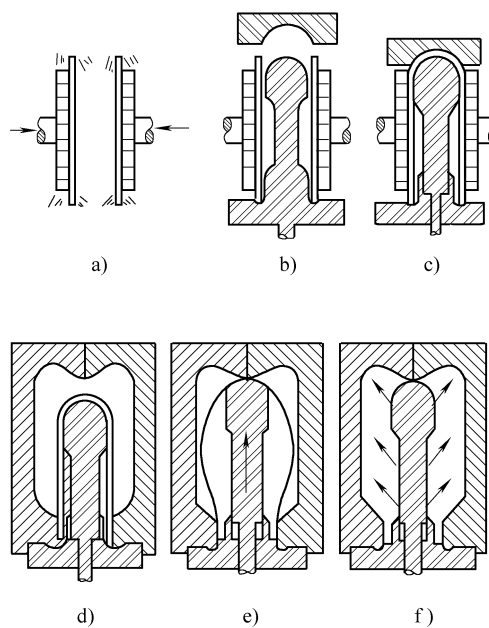


图 5-22 冷坯法挤出拉伸吹塑工艺流程

a) 电阻加热恒温箱，加热型坯至拉伸温度 b) 成型瓶颈及螺纹

c) 封底 d) 纵向拉伸 e) 吹胀（横向拉伸） f) 冷却定型

通常为三层,有时也采用二层、四层或五层。现以三层为例进行说明。

1) 基层。基层是多层复合结构的主体,厚度较大,主要确定制品的强度、刚度和尺寸的稳定性等。基层常用的聚合物是 PP、PE,有时也用 PVC、PET、PC、PU、EVA、EPDM 等,可根据功能需要决定。

2) 功能层。功能层多数为阻渗层,用以提高制品的使用温度与改善外观性能。阻渗层的要求由被包装物品确定。阻渗层可阻止(实际是大幅度减少)气体(氧气、二氧化碳气、氮气等)、湿气、香味或溶剂的渗透,也就是既阻止被包装物品内的成分渗透到容器外,也可以阻止外界气体或湿气等往容器内渗透。功能层常用的聚合物为 EVOA(乙烯-乙烯醇共聚)、PAN(聚丙烯腈),有时也采用 PA、EVA、PET,可根据功能需要决定。

3) 粘合层。当基层和功能层之间的粘合性能不良时,要用黏合剂使他们牢固粘接。多层容器各层的粘合是难点,也是重点。粘合层常用的树脂有侧基用马来酸酐、丙烯酸或丙烯酸酯进行接枝改性的 PE、PP,直接合成特殊的共聚物。

5.5 挤出吹塑中空制品生产中异常现象、产生原因及解决方法(见表5-4)

表 5-4 挤出吹塑中空制品生产中异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
膨胀过量	① 料温过高 ② 挤出速度过快 ③ 口模设计不合理 ④ 原料熔体弹性过大	① 降低机头、型坯的温度 ② 降低挤出速度 ③ 减小机头口模直径或间隙 ④ 换用合适的原料
不能或不能完全吹胀	① 吹胀压力太低 ② 吹胀时间太短 ③ 模具夹坯口刃宽太窄 ④ 模具排气不良 ⑤ 模具闭合速度太快	① 提高吹胀气压 ② 延长吹胀空气作用时间 ③ 增加模具夹坯口刃宽度 ④ 改善模具的排气性能 ⑤ 降低模具闭合速度
熔体吹破	① 模具夹坯口刃宽不够 ② 夹坯口处熔体强度太低 ③ 合模力太低 ④ 型坯膨胀速度过快 ⑤ 吹胀比过大 ⑥ 型坯长度不足 ⑦ 原料不当 ⑧ 原料中水分含量过大 ⑨ 熔体温度过低	① 增加夹坯口刃宽度 ② 降低模具夹坯口温度,加快型坯冷却 ③ 提高合模力 ④ 降低吹胀气压,减小型坯膨胀速度 ⑤ 改用口模直径较大机头,减小吹胀比 ⑥ 保证型坯长度 ⑦ 采用型坯直径膨胀较大的原料 ⑧ 干燥原料 ⑨ 适当提高机头温度
管坯长度不均匀	① 进料速度不均匀 ② 机筒进料段温度过高 ③ 挤出机转速波动 ④ 挤出机温度波动 ⑤ 螺杆与机筒间隙过大,背压低 ⑥ 机头设计不当 ⑦ 物料黏度波动 ⑧ 过滤网工作不正常	① 检查加料斗内原料是否架空 ② 降低加料段温度,开通冷却水 ③ 检查螺杆转速,并调整稳定 ④ 检查挤出机与机头的温控装置 ⑤ 检查螺杆与机筒磨损情况 ⑥ 调节支管与机头 ⑦ 检查回收料与新料是否混合均匀 ⑧ 过滤网破裂或被杂质阻塞,清除杂质或更换过滤网

(续)

异常现象	产生原因	解决方法
有气泡孔	① 原料中水分和挥发物较多 ② 加料段温度太低 ③ 原料含有杂质 ④ 物料有降解 ⑤ 挤出机内压力过低 ⑥ 物料中夹有空气 ⑦ 剪切过于剧烈	① 严格干燥吸湿性原料 ② 减少挤出机入料口的水冷却量 ③ 检查、去除原料中的杂质 ④ 清除挤出机机头内的积料,防止降解 ⑤ 提高挤出机的背压 ⑥ 检查加料口进料 ⑦ 降低物料剪切力
表面有条纹	① 原料含有杂质 ② 机头有积料 ③ 挤出物料降解 ④ 挤出温度过高 ⑤ 机头流道和口模有划伤 ⑥ 熔接线明显	① 去除原料中的杂质 ② 清除积蓄在机头内的杂质 ③ 避免积料与降解 ④ 降低机头温度 ⑤ 打磨抛光机头口模或更换划伤件 ⑥ 机头支架筋呈流线型,提高机头温度或压力,增大熔体的汇合性能
余料飞边过量	① 模具尾料槽深不足 ② 模具未合好 ③ 合模力不足	① 增加模具尾料槽深度 ② 检查模具是否对准 ③ 提高合模力
应力开裂	① 原料质量差 ② 挤出熔体温度不当 ③ 原料选用不当	① 减少回收旧料比例 ② 调节型坯温度 ③ 采用合适的原料
表面无光泽、粗糙	① 熔体温度过低,塑化不良 ② 挤出速度太快 ③ 口模有杂质或结构设计不当 ④ 加热温度不均匀 ⑤ 模具温度太低 ⑥ 吹胀比太小 ⑦ 模具排气不良	① 提高机头温度,使型坯有光泽 ② 降低挤出速度 ③ 清除机头内杂质,使机头呈流线型 ④ 调整加热系统 ⑤ 提高模具温度 ⑥ 加大吹胀比 ⑦ 改善模具排气功能
冲击韧性低	① 回收料用量过多 ② 模具冷却不当 ③ 原料选用不当	① 减少回收料比例 ② 调节模具的冷却到合适温度 ③ 选用合适的原料
承载性低	① 壁厚不均匀 ② 制品厚度不够 ③ 原料不合要求	① 查清原因进行改善 ② 增加制品厚度 ③ 采用适合的原料生产
雾状或黑斑	① 原料不干净 ② 物料温度过高而降解 ③ 挤出速度过快 ④ 回收料过多 ⑤ 温度失控	① 去除原料中的杂质 ② 降低型坯温度 ③ 降低挤出速度 ④ 减少回收料含量 ⑤ 检查或更换机头的控温装置
弯成钩形或蜷缩	① 机头口模与芯棒不同心 ② 口模型腔有积料堵塞 ③ 机头口模加热不均 ④ 机头流道有损伤 ⑤ 型坯切刀钝化 ⑥ 有外来气流压力 ⑦ 口模、芯棒变形	① 使机头口模与芯棒同心 ② 清理局部被积料堵塞的机头口模 ③ 调整机头加热圈间距,使加热均匀 ④ 修复或更换损坏的机件 ⑤ 检查型坯切刀是否锋利、干净 ⑥ 避免车间气流对型坯的冲击 ⑦ 更换翘曲的口模、芯棒
表面有麻点、橘皮纹	① 模具型腔粗糙 ② 模具排气不良 ③ 吹胀空气通道不畅 ④ 吹胀压力不足 ⑤ 吹胀空气进入速度太慢 ⑥ 设备漏气 ⑦ 模具型腔表面有水滴	① 对模具流道型腔打磨抛光 ② 改善模具排气功能 ③ 把部分阻塞的通道疏通 ④ 提高吹胀气压 ⑤ 加大进气孔直径,增大进气量 ⑥ 查清漏气点并密封 ⑦ 提高模具温度,防止外来水进模腔

(续)

异常现象	产生原因	解决方法
表面有麻点、橘皮纹	⑧ 型坯温度过低 ⑨ 模具表面脱模剂喷得太多	⑧ 适当提高型坯温度,但不得太高 ⑨ 减少脱模剂喷射量
表面有冷斑	① 背压太低 ② 物料塑化不良 ③ 不同聚合物混合 ④ 挤出熔体温度太低 ⑤ 吹胀时间不足	① 提高挤出机背压 ② 用混炼效果好的螺杆机 ③ 不用熔体流动速率过低的聚合物混合 ④ 提高型坯温度 ⑤ 延长吹胀空气作用时间
凹痕	① 模具排气不良 ② 模具温度过高	① 提高模具的排气性能 ② 降低模具温度
周向壁厚不均匀	① 机头口模间隙不均匀 ② 机头设计不当 ③ 口模四周温度不均匀 ④ 芯棒松动 ⑤ 吹胀比过大	① 使机头口模与芯棒同心 ② 修改设计,增加成型段(直线段)长度 ③ 使机头加热圈间隙适中,加热均匀 ④ 拧紧芯棒 ⑤ 减小吹胀比
轴向厚度不均匀	① 型坯熔体强度太低 ② 挤出太慢 ③ 原料的流动性太大 ⑤ 型坯过度垂伸 ⑥ 型坯挤出长度不当	① 降低型坯温度 ② 提高挤出速度 ③ 采用熔体流动速率较低的原料 ⑤ 减少型坯垂伸量 ⑥ 调整挤出速度和型坯长度
夹坯缝修整后粗糙并易撕开	① 模具夹坯口刃太宽 ② 模具夹坯口刃钝化 ③ 模具合模不好 ④ 合模力不足 ⑤ 型坯温度过低 ⑥ 合模速度太快	① 减少模具夹坯口刃宽度 ② 修整磨损的模具夹坯口刃 ③ 更换模具导柱 ④ 加大合模力 ⑤ 提高型坯温度 ⑥ 降低合模速度
夹坯缝薄弱	① 型坯熔体强度太低 ② 模具温度过高 ③ 模具夹坯口刃太窄 ④ 吹胀空气量太大或压力过高	① 降低型坯温度 ② 降低模具(尤其是夹坯口)温度 ③ 增加模具夹坯口刃宽度 ④ 降低预吹胀空气量或压力
分模处过薄	① 模具分模面污染 ② 合模力不足 ③ 吹胀压力太高	① 清理模具分模面 ② 提高合模力 ③ 降低吹胀气压
分模线处有孔或裂缝	① 型坯温度太低 ② 合模速度太快 ③ 修整装置不当 ④ 模具夹坯口刃过宽	① 提高型坯温度 ② 降低合模速度 ③ 调节修整装置 ④ 减少模具夹坯口刃宽度
收缩过量(小于定型模很多)	① 模具温度过高 ② 挤出的型坯温度过高 ③ 吹胀时间太短 ④ 模具冷却不足 ⑤ 吹胀压力不足 ⑥ 制品厚度太大	① 降低模具温度 ② 降低机头温度 ③ 延长吹胀空气作用时间 ④ 清理模具冷却孔道 ⑤ 提高吹胀气压 ⑥ 减少制品的壁厚
翘曲(容器底部弯曲、颈部椭圆形)	① 冷却孔道不畅通 ② 模具冷却不足 ③ 模具冷却不均匀 ④ 挤出型坯温度过高 ⑤ 冷却时间不够 ⑥ 制品壁厚相差过大 ⑦ 型坯切刀钝化,切断口不齐	① 清理模具冷却孔道 ② 增加模具冷却水量 ③ 改进设计,提高冷却能力,达到均匀 ④ 适当降低型坯温度 ⑤ 延长冷却时间 ⑥ 避免壁厚相差过大 ⑦ 使切刀锋利,刃口干净
图案模糊	① 吹塑压力太低 ② 吹胀时间不足 ③ 模具排气不良 ④ 模具温度太低 ⑤ 熔体料坯温度太低	① 提高吹胀气压 ② 延长吹胀空气作用时间 ③ 改善模具排气性能 ④ 提高模具温度 ⑤ 提高料坯温度

聚碳酸酯挤出吹塑成型生产中异常现象、产生原因及解决方法见表 5-5。

表 5-5 聚碳酸酯挤出吹塑成型生产中异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
黑斑	① 原料污染 ② 挤出物料降解	① 清洗挤出机螺杆、机头,并检查原料 ② 降低挤出熔体温度
气泡	① 物料中夹带空气 ② 物料中水分含量太高 ③ 剪切过于剧烈,引起降解	① 检查加料口 ② 干燥原料至水分含量低于 0.02% ③ 降低剪切力
口模条痕	① 口模受损 ② 口模通道有杂质、焦料 ③ 原料污染 ④ 口模温度过低	① 修理口模 ② 清洗口模 ③ 检查原料处理系统 ④ 提高口模温度
尾端太长或过度拉伸	① 熔体强度低 ② 熔体温度过高 ③ 挤出机转速太快	① 降低熔体温度 ② 降低挤出机温度 ③ 加快吹胀速度
尾端太短	① 熔体温度太低 ② 螺杆转速太慢	① 提高熔体温度 ② 提高螺杆转速
型坯壁厚不均匀	① 模套和模芯不同心 ② 机头加热不均匀	① 调节口模同心度 ② 检查加热圈
型坯易黏附在截坯刀上	① 刀刃钝化 ② 截坯速度太慢 ③ 截坯刀温度太低	① 修复刀刃 ② 加快截坯速度 ③ 提高截坯刀温度
表面粗糙或波纹	① 模具温度太低 ② 排气不良 ③ 模腔粗糙 ④ 吹塑时间过长 ⑤ 加热温度不均匀	① 提高模具温度 ② 提高排气效果 ③ 模腔流道表面打磨抛光 ④ 尽快吹胀型坯,吹胀时间适中 ⑤ 调整加热系统或换加热圈
制品表面有凹痕	① 原料不干净 ② 模腔表面有水迹 ③ 压缩空气含有水分	① 去除原料中的杂质 ② 擦干模腔表面 ③ 用气流除湿
型坯卷边、折皱	① 型坯直径太小 ② 未对齐 ③ 型坯熔体强度低 ④ 机头口模加热不均	① 放大口模直径 ② 型坯和模具校正对齐 ③ 降低熔体温度 ④ 检查加热圈工作是否正常
制品花纹不清晰	① 熔体温度低 ② 吹气压力低 ③ 模腔表面黏附物料 ④ 模具温度低 ⑤ 排气差	① 提高熔体温度 ② 加大吹气压力 ③ 清洁模腔 ④ 提高模具温度 ⑤ 清洗排气孔或增加排气孔数量
截坯厚	① 截坯夹穴太浅 ② 型坯太厚 ③ 截坯刀间隙过大	① 加深截坯夹穴 ② 增大型坯直径 ③ 合理设计截坯刀间隙
去边角料困难	① 离模时间太长 ② 合模力太小 ③ 模具错位 ④ 截料刀刃口太宽	① 尽快修除边角料 ② 加大合模力 ③ 更换模具的导柱、导套 ④ 减小截料刀刃口宽度
挤出波动和料堵塞	① 加料段温度太高 ② 电动机转动不稳定	① 降低加料段温度或提高水冷效果 ② 检查电源

(续)

异常现象	产生原因	解决方法
雾状	① 机筒温度太低 ② 模具排气不畅及排气位置选择不当 ③ 模具表面处理层磨损	① 适当提高机筒温度 ② 增加排气孔径或正确选择位置 ③ 处理模具表面层
制品外观不挺	① 吹气不足 ② 模具表面有积蓄物 ③ 模具排气不畅 ④ 模具温度太低	① 提高吹气压力 ② 清洗模具表面 ③ 清洗模具排气孔,增加孔径 ④ 提高模具温度
制品变形	① 进气时间太慢 ② 吹气时间太短 ③ 冷却不够或开模太早	① 闭模后立即吹胀 ② 延长吹气时间 ③ 增加冷却量或延长定型时间

第6章 板（片）材机头设计与试模调机

6.1 板（片）材概述

(1) 板（片）材简介 人们习惯把厚度大于2mm的平面型材制品称为塑料板材，厚度在0.25~2mm的制品称为片材。塑料板、片材挤出成型的生产工艺流程与薄膜基本相同，如图6-1所示。

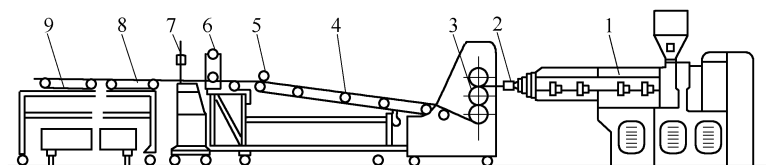


图 6-1 PE 板材挤出成型工艺流程

1—挤出机 2—机头 3—三辊压光机 4—冷却输送辊 5—切边装置
6—二辊牵引机 7—切割装置 8—PE板 9—堆放

塑料板材按结构可分为单层板、多层板、平板、波纹板、发泡板、格子板、复合板等；按硬度分可分为硬板（如工业板材、装饰板材、透明板材）和软板（又分为透明与不透明软板）。板材宽度一般为1.0~1.5m，也可生产1.5~4.0m的宽幅板材。板、片成型用模具结构有支管式、衣架式、鱼尾形、螺杆分配式T型模具等。

挤出辅机包括 机头、压光辊、导向辊、切边装置、牵引装置、切断装置、堆放架。

(2) 常用板（片）材技术参数

1) 生产成型吸塑包装材料（PP料）的主要技术参数。螺杆直径90mm，长径比30，产量70kg/h，口模设计宽度950mm，牵引辊规格 $\phi 200\text{mm} \times 1100\text{mm}$ ，牵引速度0.8~8m/min，压光辊规格 $\phi 200\text{mm} \times 1100\text{mm}$ ，最大板宽800mm，电动机功率60kW。

2) 生产成型装饰食品包装用发泡片材（PP、PS）的主要技术参数。螺杆直径65~90mm，长径比30，产量60~70kg/h，片材厚度2~5mm，牵引速度3~25m/min，电动机功率为155kW，最大板宽为1040mm。

3) 生产成型塑料地板的主要技术参数。螺杆直径150mm，长径比25，产量150~400kg/h，口模宽度360mm，牵引辊规格 $\phi 400\text{mm} \times 600\text{mm}$ ，牵引速度7~10m/min，压光辊规格 $\phi 400\text{mm} \times 600\text{mm}$ ，电机功率100kW。

4) 生产成型塑料挤出板材的主要技术参数。螺杆直径150mm，长径比25，产量50~300kg/h，制品厚度0.8~5mm，牵引辊规格 $\phi 500\text{mm} \times 1300\text{mm}$ ，牵引速度0.12~2.4m/min，压光辊规格 $\phi 250\text{mm} \times 1300\text{mm}$ ，最大板宽1200mm，电动机功率157kW。

(3) 板（片）材常用塑料性能及用途 塑料板（片）挤出成型常用塑料有聚乙烯、聚

丙烯、聚氯乙烯、ABS、高冲聚苯乙烯、聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、聚酯等。用挤出法可生产单层与多层中空格及发泡与不发泡的板(片)材,制品厚度可达30mm,宽度可达1000~4000mm,但超过2000mm的硬质聚氯乙烯板生产难度较大。由于塑料板、片材具有强度高、耐腐蚀性好、电绝缘优秀、容易粘接且结合牢固、焊接性能好、可进行二次加工等特点,因此广泛用作化工容器、储罐、电绝缘用板、建筑或车船中的壁板、隔板、天花板、地板、经吸塑成型后的冰箱内衬板、汽车挡板、防滑坐垫以及吸塑成型后的食品和医药包装制品。

(4) 共挤出多层复合板 共挤出的多层复合材料能充分发挥各层材料的特点,组合成有最佳性能的材料,如良好的耐气候性、化学稳定性和高冲击韧度等。由不同材料制成的共挤出多层组合板、片材的用途如下。

- 1) 防静电透明 PS/改性 PS、透明 PS/耐冲击改性 PS (黑)/冲击改性 PS (白)。用作野营食具及食用奶酪、酸牛奶、鲜奶油等食品的饮用杯。
- 2) 耐冲击改性 PS (白)/苯乙烯-2 甲基乙烯乙共聚物。用作加热包装食品与饭盒。
- 3) 耐冲击改性 PS/ABS、耐冲击改性 PS/聚烯烃、ABS/聚烯烃。用于低温冷冻箱,可作鲜奶油、冰激凌容器。
- 4) ABS/耐冲击改性 PS/ABS、ABS/耐冲击改性 PS/聚苯乙烯。用于制冷设备。
- 5) ABS/硬质聚氯乙烯、ABS/有机玻璃、ABS/丙烯腈-苯乙烯-丙烯酸酯共聚物、ABS/聚碳酸酯。用于旅游车、游艇、汽车、轮船面板与护板、游泳池更衣室、卫生间设施。
- 6) 聚丙烯/白垩、聚丙烯/木粉。用于汽车工业、家具、仪表面板。
- 7) 聚碳酸酯/ABS/聚碳酸酯。耐高温稳定用材。

6.2 板(片)材制品原材料准备

(1) 聚氯乙烯板材原材料准备 硬质板材一般选用黏度较低的悬浮法 SG5 或 SG6 型 PVC 树脂为主原料,软质板材用悬浮法 SG2 或 SG3 型 PVC 树脂为主原料,再按制品的应用条件要求,适当加入稳定剂、增塑剂、填充料及其他辅助料组成配方。食品包装用板(片)材用无毒卫生级 PVC 树脂。各类 PVC 制品配方可参考下列配方比例。

PVC 普通硬板(质量份):

PVC, 100; 3PbO, 5; 2PbO, 2; PbSt, 0.5; BaSt, 1; CaSt, 1; HSt, 1.2; CaCO₃, 3; 着色剂, 适量。

PVC 硬板(质量份):

PVC, 100; 3PbO, 4; ACR, 5; HSt, 0.3; 石蜡, 0.3; CaCO₃, 10; 着色剂, 适量。

PVC 瓦楞板(质量份):

PVC, 100; 3PbO, 6; PbSt, 0.5; BaSt, 0.5; CaSt, 0.5; 二盐基硬脂酸铅, 0.6; HSt, 0.5; 滑石粉, 3; DOP, 2; CaCO₃, 3; 着色剂适量。

PVC 透明板(质量份):

PVC, 100; 有机锡, 3.5; DOP, 1; 丙烯酸酯类, 3~5; MBS, 2~3。

PVC 硬片(质量份):

PVC, 100; 3PbO, 3; 2PbO, 2; Ca/Zn 复合稳定剂, 0.4; 脂肪醇, 2; HSt, 0.3;

MBS, 5~7; 着色剂, 适量。

PVC 无毒硬片 (质量份):

PVC, 100; Ca/Zn 复合稳定剂, 0.3; 环氧大豆油, 3; 辛基硫醇锡, 3; HSt, 0.5; MBS, 7~10; 着色剂, 适量。

PVC 软板 (质量份):

PVC, 100; DOP, 25; DBP, 10; 氯化石蜡, 15; 3PbO, 5; BaSt, 2; 石蜡, 5; CaCO_3 , 5~10。

PVC 铺地软板 (质量份):

PVC, 100; DOP, 30; DBP, 20; 氯化石蜡, 10; 3PbO, 4.5; BaSt, 2; 石蜡, 0.5; CaCO_3 , 30~40。

(2) ABS 板材原材料准备 ABS 板材应选用挤出板材用的专用树脂, 即丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚树脂。用它成型的制品具有坚韧、质硬和刚性好、耐热及表面光亮等优点, 而且还容易进行二次加工, 所以在家电、电子和包装等行业得到广泛应用。如模压冰箱与洗衣机内衬、家电和仪表外壳、仪表盘、文件箱与旅行箱等。

ABS 树脂表面易吸湿, 尤其是当原料处于潮湿空气中时, 料粒平衡吸湿量可达 0.3%~0.8%, 而一般加工要求树脂吸湿量应低于 0.1%, 因此 ABS 树脂干燥脱水是挤出前的重要工艺。如树脂干燥不充分, 内部水在挤压过程中挥发, 当脱离口模后制品上会立即呈现气泡、塌坑、丝纹等, 严重影响制品外观。ABS 树脂干燥可采用真空干燥、负压沸腾干燥及气流干燥等。若采用排气式挤出机成型, ABS 树脂可经染色直接挤出, 无须进行干燥处理。

ABS 板材的用途可分三类: 通用级可用于真空成型加工容器、家电的外壳与内衬等; 高抗冲级用于加工机械零件、汽车仪表盘、结构材料等。耐热级用于耐热电器外壳、浴室器件等。

(3) 聚烯烃板材原材料准备 聚烯烃板材的挤出成型工艺比较简单, 在挤出成型前无须进行干燥和造粒, 原料染色后即可挤出成型。

聚烯烃是结晶性材料, 挤出板材成型工艺与聚氯乙烯和 ABS 不同。为保证制品质量, 应严格控制冷却速度, 并选择挤出板材成型的专用树脂。如北京燕山产的 5000H 高密度聚乙烯和广州产的 DGDS-6097 (MFR 为 0.4g/10min, 密度为 0.948g/cm³) PE 树脂。高压聚乙烯板用熔体流动速率为 0.3~2g/10min 的原料, 低压聚乙烯板用熔体流动速率为 0.2~0.6g/10min 的原料; 聚丙烯板用熔体流动速率为 0.5~2.5g/10min 的原料。

6.3 板 (片) 材挤出成型生产设备

(1) 硬板生产线 挤出板 (片) 材生产线由加料器、双螺杆挤出机、机头、三辊压光机、输送装置、两辊牵引机切边装置、纵向圆盘切边机、横向锯切机 (或冲剪机)、板材堆放车组成。附加装置还有快速换网装置、三辊压光辊温度控制系统、测厚仪、熔体泵等。

塑料硬板挤出成型生产线如图 6-2 所示。塑料复合板挤出成型生产线如图 6-3 所示。

(2) 软板生产线 软板生产线由挤出机、混合计量加料装置、过滤网、机头连接器、机头、冷却辊牵引装置、厚度检测系统、表面处理系统、展平系统、中间牵引装置、收卷装置组成, 如图 6-4 所示。附加装置还有快速换网器、熔体泵、温控系统。熔体泵要单独配变

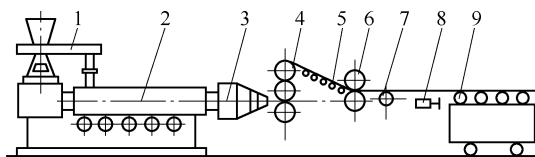


图 6-2 塑料硬板挤出成型生产线

1—加料器 2—双螺杆挤出机 3—机头 4—三辊压光机 5—输送装置
6—两辊牵引机 7—圆盘切边机 8—横向锯切机 9—成品堆放车

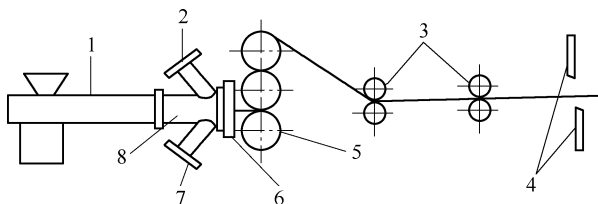


图 6-3 塑料复合板挤出成型生产线

1、2、7—挤出机 3—牵引辊 4—板材切割装置
5—三辊压光辊 6—共挤出机头 8—接头

频电动机或硅整流电动机驱动,以确保熔体泵的线形计量特性,保证熔体进入机头压力精度控制在 $\pm 1\%$,流量精度在 $\pm 0.5\%$ 。

软板生产用设备与薄膜生产设备相同,只是口模缝隙不同而已。

(3) 挤出机 用于挤板或片的挤出机螺杆直径一般为 $65 \sim 150\text{mm}$,长径比 L/D 为 $20 \sim 28$,需要在挤出机螺杆头部加放多孔板、过滤网,多孔板的孔数、过滤网的目数和层数应根据原料的品种及产品的厚度决定。以螺杆直径为 100mm 的排气式单螺杆挤出机,生产板材幅宽为 1050mm 、板厚为 $2 \sim 6\text{mm}$ 为例,挤出机的特性要求如下:

- 1) 机筒加料段内壁有锥形斜槽,起强制加料作用,适宜于高速高效挤出成型。
- 2) 适宜加工 PC、ABS、PMMA 等塑料板材。
- 3) 自动真空吸料输送器,连续输送量为 $200 \sim 300\text{kg/h}$ 。
- 4) 排气采用油环式真空泵,最大抽气量达 $175\text{m}^3/\text{h}$ 。
- 5) 机头处装有两台压力传感器,位于螺杆顶端与滤网之间。
- 6) 静态混合器的作用是使进入机头的塑料由原来温差 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ 下降到温差 $2 \sim 3^\circ\text{C}$ 。

挤出 PVC 板材,一般选用锥形双螺杆挤出机,以粉料直接挤出为主。

(4) 挤出机头 由连接器和口模组成,在口模和挤出机之间一般用连接器连接。连接器的外形为圆柱形,内部流道由圆锥形逐渐过渡为矩形。连接器的作用是将物料均匀地压缩输送到口模中,所以也可把连接器当作机头的组成部分。

(5) 板材生产线辅机

1) 冷却定型模具。

① 中空板又称格子板,坯料挤出后进入真空冷却定型模,上下定型模板分段通真空定型、通水冷却。格子板内的隔筋厚度要小于上下定型模板的厚度,以有利于冷却定型。上下定型模板在外部先冷却,隔筋在内部冷却慢,这样可避免隔筋冷却后收缩变形使上下表面不平产生凹痕。

② 三辊压光机。普通的板、片材(实心)都是通过三辊压光机冷却定型的。刚从扁平

口模挤出的板材温度较高,由三辊压光机压光并逐渐冷却,防止板坯冷却过快产生内应力。三辊压光机应适当加热,且每个辊应设独立的温控装置。因辊筒温度过低,板不易贴紧辊筒表面,从而会产生斑点,使板表面无光泽,透明度差且产生小皱纹。辊筒表面温度应控制在可以使熔融物料与辊筒表面完全贴紧,但温度过高会引起板坯脱辊和表面产生横向条纹,所以温度控制要适当。冷却压光机还有一定的牵引作用,它可调整板材的各点速度使其达到均匀一致,保证板的平直。三辊压光机由直径为 200~400mm 的上、中、下三个辊组成。中间辊的轴线固定,上下两辊的轴线可上下移动,以调整辊隙适用于不同厚度的板材。辊隙一般应等于或稍小于制品厚度,因挤出后板材会膨胀,再通过牵引拉伸就可达到要求厚度。当板材表面需要压花时,中辊可用刻花辊代替。为使花纹明显清晰,中间辊温度可适当高一些。同时中辊应换为硬度为 85 度的耐热丁腈橡胶辊,辊内通冷却水冷却以避免粘料。三辊的转速应控制在比挤出速度略快 10%~25%,以使板坯有拉伸力。三个辊都是中空的,且都带有夹套,可通入介质(蒸气、油或水)进行温度控制。辊筒的长度一般比口模宽度稍宽些,表面粗糙度为 $Ra0.20\mu\text{m}$,镀硬铬,以降低表面粗糙度和增加表面硬度值。

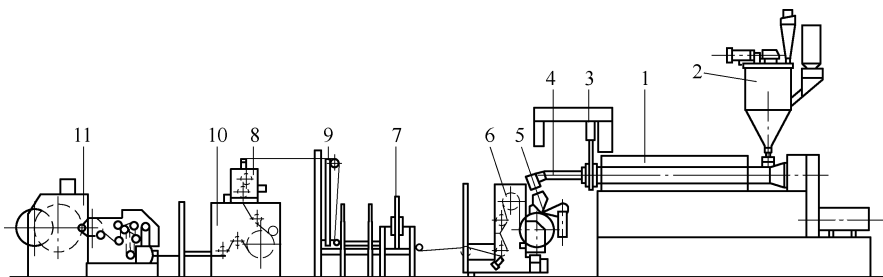


图 6-4 软板挤出成型生产线

- 1—挤出机 2—混合计量加料装置 3—过滤网 4—机头连接器 5—狭缝口模 6—冷却辊牵引装置
7—厚度检测系统 8—表面处理系统 9—展平系统 10—中间牵引装置 11—收卷装置

三辊压光机辊筒的排列方式如图 6-5 所示。第 I 种排列方式最常用,它在压光和产生的弯曲应力方面,综合效果较好,结构也比较简单。

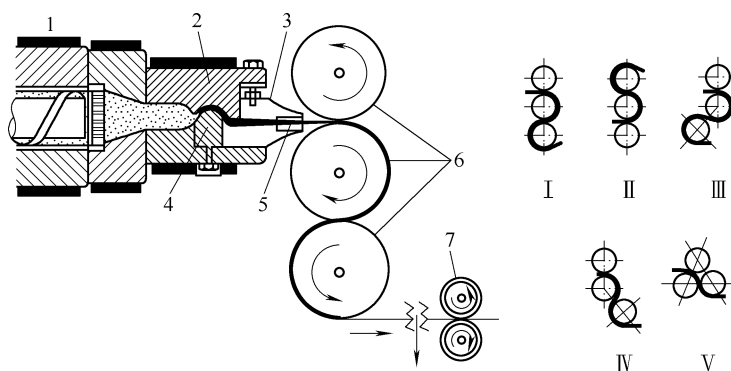


图 6-5 三辊压光机辊筒排列方式

- 1—挤出机 2—模头 3—上部模辊 4—阻流棒 5—模头定型段 6—水冷却镀铬辊 7—牵引辊

第 II 种主要用于大型挤板机,以增大下面的空间。第 III、第 IV 种虽结构紧凑,但机械加工较复杂。其中第 III 种包角大,对压光有利,但对塑料产生的弯曲应力大;第 IV 种包角小,对压

光不利。第V种包角太小对压光不利。三辊压光机的辊距应能准确调节,否则会影响压光质量。三辊压光机一般采用链条、齿轮或涡轮传动,各辊的速度应保持同步。为了适用于主机的不同挤出量和口模的不同间隙,压光机圆周速度一般要有较大的调节范围,多数为1:2,其中最大圆周速度为2~8m/min。三辊压光辊与口模的距离要尽量近,一般为50~100mm。若距离太大,坯料板易下垂发生皱折,粗糙度不好,同时易散热冷却,表面不光亮。

压光辊的结构如图6-6所示。压光辊应满足高弯曲强度、精确的圆度、均匀的温度分布、边缘温差小和表面光滑耐腐蚀的要求。挤出的板料既在压光辊上进行冷却,也可通过加热来调节板坯的温度。因有些结晶型材料需骤冷以防止结晶或因结晶造成的透明度降低。挤出板的生产效率依赖于压光辊的冷却能力,它决定了在适当的温度范围内可获得的理想的冷却定型效果。对辊子温度的控制是由一套单独的热交换设备完成的,每个辊子都有自己独立的热交换器加热、冷却控温装置。

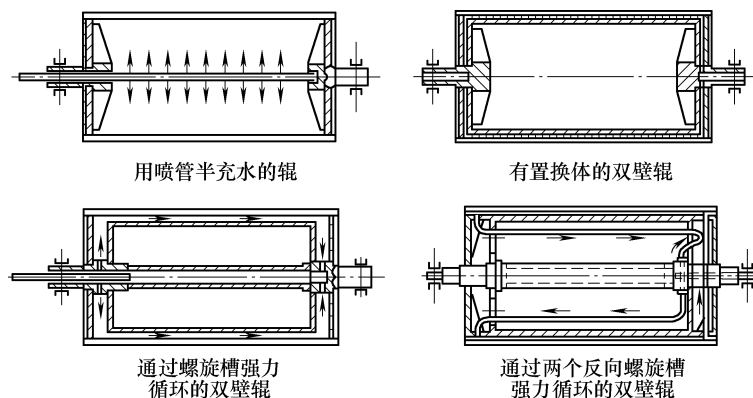


图6-6 压光辊结构

三辊压光机的传动系统一般有三种传动形式,如图6-7所示。其中以图a和图b两种形式应用较多。

2) 冷却输送装置。在挤出4mm以上的中、厚板时,三辊压光机并不能完全冷却板材。通常实用的方法是采用风扇或接气流式中心鼓风机,用风使板材完全冷却。对于较厚板材,因板材移动速率很慢,一般采用调节冷却输送装置的长度和鼓风机的效率使其有足够的时间进行冷却。有时还可增设喷淋装置,加速对制品冷却。冷却输送装置设在三辊压光机和牵引装置之间,由10~20个直径约为50mm的小圆辊组成,如图6-2所示。其作用是支承尚未能完全冷却的板材,防止板材弯曲变形,并把从压光机挤出来的板材充分冷却,使其完全固化后,输送到牵引装置。整个冷却输送

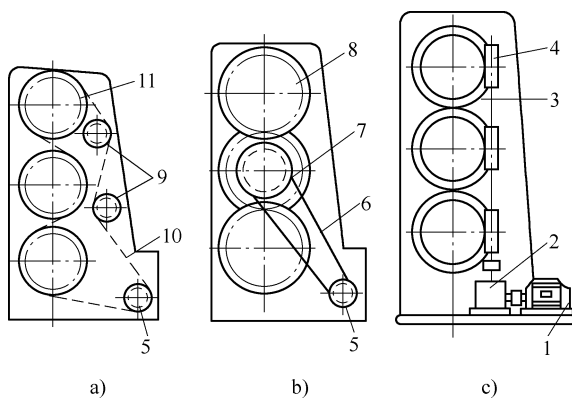


图6-7 三辊压光机的传动形式

a) 链传动 b) 带传动 c) 蜗杆蜗轮传动

1—电动机 2—减速箱 3—压光辊筒 4—蜗杆蜗轮

5—减速箱输出轴 6—传动带 7—带轮 8—齿轮

9—张紧链轮 10—链条 11—链轮

装置的总长度取决于板材的厚度和塑料品种。一般 PVC 和 ABS 塑料板材冷却输送装置总长度约为 3~6m, 聚烯烃约为 4~8m。对薄板片材可不设置冷却输送装置。

3) 切边装置。从扁平口模挤出的板(片)材, 由于颈缩, 板两端坯料较厚且不齐整, 需要用切边装置切除不齐整又超厚的边料。所以口模要求比产品尺寸宽 20~40mm, 用来补偿出模到进入三辊压光机或定型模的拉伸收缩量和切边余量。一般切边装置设在牵引装置的前面, 板制品的切边装置设在冷却输送装置的后端, 都是对已冷却成型的制品进行纵向切边。切边装置切薄板料时可装刀片进行划切, 较厚的板料刀片划切有困难, 此时可用圆锯片进行旋转切边。

4) 牵引装置。牵引装置一般由一个主动钢辊和外包橡胶的被动钢辊组成, 牵引辊直径一般为 150~200mm, 两辊靠弹簧压紧, 其作用是将板(片)均匀牵引至切割装置, 防止在三辊压光机处积料, 并将板(片)压平, 其牵引速度应与压光辊速度同步或稍小, 以保持对板坯料有一定的张力。牵引速度应能无级调速, 上下辊间隔也要能随时调节。

5) 切断装置。切断装置的作用是按设定长度将坯料切断。切断方式很多, 有电热切、锯切、剪切, 用得最多的是锯切和剪切。锯切消耗功率少, 也较简单, 但噪声较大, 且锯屑飞扬, 切断处有毛边, 效率低。剪切法不易产生飞边, 切断速度快, 效率高, 无噪声, 无锯屑, 劳动条件好, 但设备庞大笨重。锯切与剪切对硬板和软板均可使用。如何选择切断方式取决于板材的厚度。薄板一般用剪切, 厚板一般用旋转式的圆锯切断, 该锯可在板材宽度范围内移动。为使横切的板材角度、尺寸一致, 锯的位置与板材的线速度应同步, 以保证板材的移动不会引起锯切时制品和锯片的弯曲。与剪切相同, 这种装置的切断周期由限位开关触发, 限位开关由板材一端的机械触动或通过光学作用起动。限位长度预先设定。无论纵、横向的切断机构都安装在能和板材等速向前移动的工作台上。对锯切速度和锯片(热切还是冷切)的选择, 应根据板材原材料的特性和厚度来决定。

6) 制品堆放架或收卷机。硬质板材切断后落入堆放架, 整齐堆放, 按数量分装打包入库。软板经冷却输送辊后, 不用牵引装置, 直接在收卷机卷成圆筒, 卷满后切断。

7) 测厚装置。一般采用自动测厚装置, 通过光电扫描器自动测厚, 并反馈到系统在屏幕上显示。

8) 板材挤出成型辅机完好标准

① 压光机辊筒应光亮、平整, 无明显划压痕迹。

② 减速箱运转平稳, 无异常声响和振动, 油量适中, 油质合格, 油标醒目, 无漏油。

③ 辊距调整机构完好、无松动, 安全防护机构完好、灵敏可靠。

④ 过桥导辊运转灵活, 整体导向没有跑偏现象。

⑤ 牵引机胶辊表面平整, 表面没有影响牵引速度的伤痕, 牵引速度平稳、无脉动。

⑥ 切割机切割迅速, 无掉齿、啃刀现象。

⑦ 辊筒加热系统齐全、完好, 控温准确、灵敏, 换热器无渗漏, 泵运转正常, 无异常声响。

⑧ 电器元件齐全、完好, 仪表指示准确。

⑨ 设备外观整洁、无黄袍、无油垢, 铭牌齐全、清楚。

⑩ 随机附件齐全, 保管妥善。

6.4 板（片）材机头设计与试模调机

6.4.1 板（片）材机头设计的原则

板（片）材生产的口模主要是扁平口模，可加工生产各种厚度和宽度的板（片）材。塑料板（片）类机头分类一般有两种方法，第一按结构形式分类，主要有衣架式机头、鱼尾式机头、单支管机头、分配螺杆机头、双色板机头、多流道板机头、莲花瓣流道机头。第二按进料方向分类，主要有中心进料板机头、一端进料板机头。其设计原则如下：

- 1) 结构合理、加工制造简单方便。
- 2) 主流道内应设计料流缓冲区和阻流装置，阻流装置应有足够的力学强度。
- 3) 支管式机头的流道直径不小于 30mm。
- 4) 流道镀硬铬厚度为 0.02 ~ 0.04mm。
- 5) 拼缝和分型面不能出现溢料现象。
- 6) 加热装置应合理，大型机头的两侧要设加强筋，口模的主要工作部件应作调质处理，硬度为 260 ~ 290HBW。
- 7) 熔体因压力、电压、温度等原因引起的挤出料波动，会造成制品几何尺寸变化。为了制品的稳定挤出，采取在机头主流道设置接口，配套安装熔体泵，用于补偿、调节、平衡、稳定挤出中的波动缺陷。

6.4.2 鱼尾式机头设计

鱼尾式机头结构如图 6-8 所示。这种机头熔融料从中部进入并沿扇形扩张展开，扩张形状似鱼尾巴，故叫鱼尾机头。

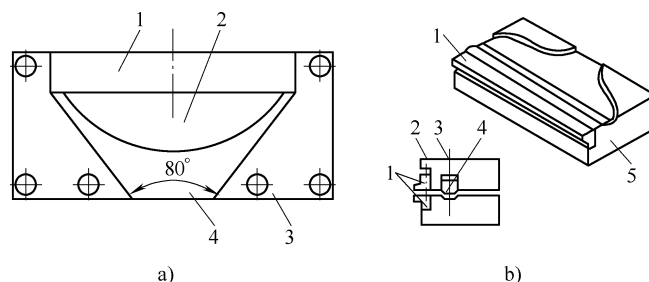


图 6-8 鱼尾式机头结构

a) 带阻流器的鱼尾形机头

1—模唇 2—阻流器 3—机头体 4—进料口

b) 带有阻力调节装置鱼尾机头

1—口模 2—口模调节螺钉 3—阻力棒调节螺钉 4—阻力棒 5—机头下半部分

熔料从机头入口至出口，要经过一个阻力体。因是中间进料，该阻力体的中心部位阻力大，而且阻力向两端逐渐减小，这样在熔体进入模唇前，压力已基本达到分布均匀，料流再经模唇的调节作用而挤出。这种口模的流道没有死角，流道内的容积小且减少了熔融料的停滞时间。由于中部物料压力和料流速度都比两端大，因此容易出现中部出料多两边出料少的

现象, 从而造成制品厚度不均。注意机头鱼尾扩张角不能太大, 一般为 $80^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 。这类机头的优点是流道平滑无死角, 结构简单, 制造容易, 适合 PP、PE、PVC 和聚甲醛, 不适合生产宽幅的制品, 一般宽度在 500mm 以下, 厚度 1 ~ 3mm 为宜。由于机头设计了阻流器, 又有阻力调节装置 (可用螺栓调节阻力压块), 机头口模又设计了模唇调节装置, 当塑料制品出现薄厚不均时, 首先应调节料流阻力, 在口模压力基本一致后, 再微调模唇间隙, 使制品厚度均匀一致。一般可把模唇间隙调到等于或稍小于塑料制品厚度。有了这些措施可生产宽度大于 500mm, 厚度大于 3mm 的板片材。这种机头通常用于窄片板材的生产。

鱼尾式机头的特点如下。

1) 该机头是一种传统的鱼尾形板 (片) 材机头结构, 形状扁平, 靠凸出的阻流块分流熔料, 也可称 T 形机头。

2) 鱼尾形机头设有流道支管, 内部呈流线型, 流动畅通。机头内容积较小, 物料在机头内停留的时间短。

3) 该机头适合 PE、PP 塑料, 也适合 PVC、ABS 等。

4) 鱼尾部分的扩张角不能太大, 一般以 $80^{\circ} \sim 100^{\circ}$ 为宜, 否则会使板材厚薄不均。

5) 机头幅宽不能调整, 一般生产幅宽为 500mm、厚度为 1 ~ 2mm。

6) 机头设计了可调阻力器, 阻流块凸出部位高 0.5mm。

7) 设置了可调式口模和一定的口模长度 (定型长度), 对口模调整采用微量弹性变形调节装置, 口模定型段长度以 50 ~ 70mm 为宜, 过长会产生张嘴现象。

8) 口模间隙为制品厚度的 1.5 ~ 2.5 倍。

6.4.3 支管式机头设计

支管式机头的特点是机头内带有与模唇平行的管状型腔, 可以储存一定量的物料, 对物料起稳压和分配作用, 使料流稳定, 有助于机头均匀地挤出宽幅制品, 又称 T 形机头, 支管直径通常为 20 ~ 30mm。支管式机头结构如图 6-9 所示, 圆筒料槽可适当大些以储存更多的熔料, 使料流更稳定。但也不能过大, 料槽过大熔料存留时间太长也不好。实际上这种机头仍然存在中间出料多、两边出料少的现象, 引起口模各处料流不均匀。为此又设计了阻力调节块 2, 可调节熔料流速, 使出口熔料流速均匀一致。这种机头的优点是结构简单、体积小、重量轻、操作方便, 缺点是聚合物在支管内停滞时间过长, 熔融物料会变色, 不适合加工热敏性塑料, 如 PVC 等硬板 (片) 材。为获得表面光滑平整的板材, 模唇表面粗糙度应不大于 $Ra0.8\mu\text{m}$, 并镀铬。支管式机头适合 SPVC、PE、PP、ABS、PS 等塑料板材挤出成型。支管式机头有以下几种结构形式。

1) 一端供料的直支管形机头。如图 6-10 所示, 熔料从支管的一端进料, 而支管的另一端被封死。支管的模腔与挤出的料流方向一致, 塑料板材的幅宽可用在型腔中设计的幅宽调节块按需要调节。但是由于支管内熔料停留时间较长, 会引起熔料变色、分解, 料的温度较难控制稳定。

2) 中间供料的直支管形机头。如图 6-11 所示, 熔体塑料从支管中部进料, 在支管型腔内分流, 再从口模缝隙中挤出。型腔与料流方向垂直。在支管口模缝隙型腔设有幅宽调节块以调节宽度, 在口模设有调节块以调节板材料坯厚度。这种机头料流在型腔内流程短, 操作方便, 温度容易控制, 在实际生产中应用较普遍。

3) 中间供料的弯支管形机头。如图 6-12 所示, 支管模腔弯曲呈流线型。这类机头适合挤出成型熔融黏度低或黏度高而热稳定性差的塑料, 但机头的加工较困难, 且不能调节制品的幅宽。

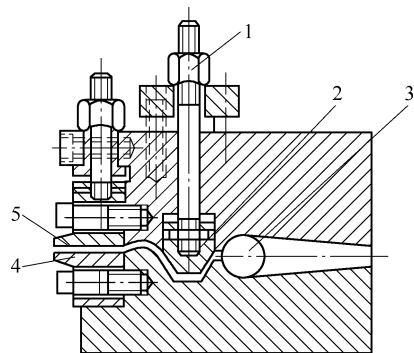


图 6-9 支管式机头结构

1—调节螺钉 2—阻力调节块 3—支管
4—下模唇 5—上模唇

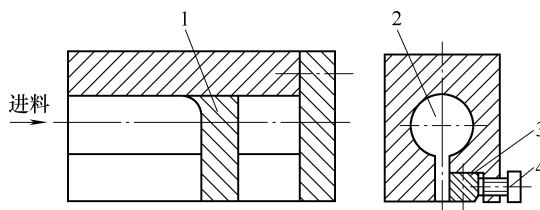


图 6-10 一端供料的直支管形机头

1—幅宽调节块 2—支管模腔
3—模口调节块 4—模口调节螺钉

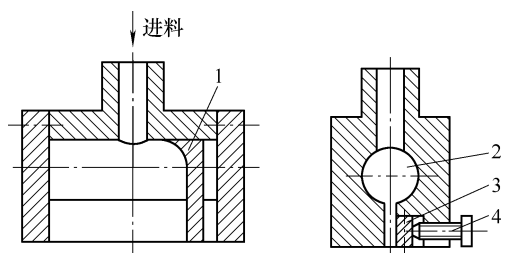


图 6-11 中间供料的直支管形机头

1—幅宽调节块 2—支管模腔
3—模口调节块 4—模口调节螺钉

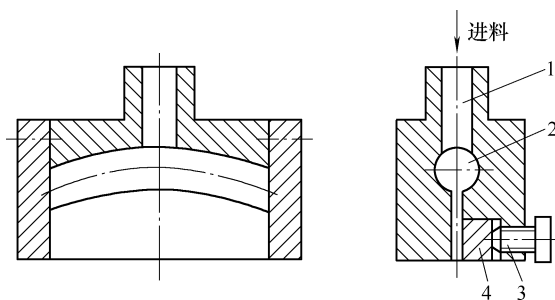


图 6-12 中间供料的弯支管形机头

1—进料口 2—弯支管模腔
3—模口调节螺钉 4—模口调节块

4) 带有阻流棒的双支管形机头。如图 6-13 所示, 它和单支管机头结构完全一样, 只是设计了两个支管, 而调节块在两支管的中间, 通过两个支管的调节, 料流更加平稳, 这类机头可生产 1000 ~ 2000mm 幅宽的板材。但由于熔体在支管停滞时间过长, 不适合热敏性塑料板生产。这类机头在设计时, 应尽量把支管直径设计得小些, 一般不超过 $\phi 30\text{mm}$ 。当物料黏度低时, 管径可选大些; 当物料黏度高时, 管径可选小一些。另外为控制物料在机头内的停滞时间, 模唇长度也不宜过长, 一般取 40 ~ 70mm。

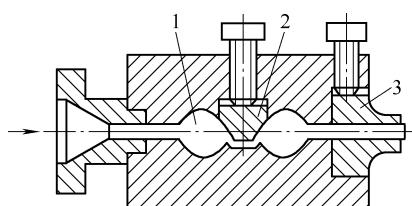


图 6-13 带有阻流棒的双支管形机头

1—支管模腔 2—阻流棒 3—模口调节块

6.4.4 衣架式机头设计

如图 6-14 所示, 这种机头综合了支管式和鱼尾式机头的优点, 它吸取了支管式的圆筒形槽, 可对物料起稳定作用, 减少物料停滞时间, 同时又吸取了鱼尾式机头的扇形流道, 以弥补板材厚度不均匀的缺点 (其流道扩张角为 $160^\circ \sim 170^\circ$), 能生产 2m 以上宽幅板材。这

种口模的分配腔是由两根直径递减的圆管（支管槽的深度逐渐变浅）与两块三角形平板（阻流体）间的狭缝构成形状像衣架，有利于向两端分配熔料，起到稳压作用，使模唇料流平稳均匀。目前这种机头用得最为普遍，它适用于多种热塑性塑料的板材生产，如 PE、PS、ABS 等。缺点是结构比较复杂、制造难度大。这种机头口模定型段长度为 50 ~ 70mm，口模间隙一般为制品厚度的 1.5 ~ 2.5 倍，口模唇开度采用微量调节装置。

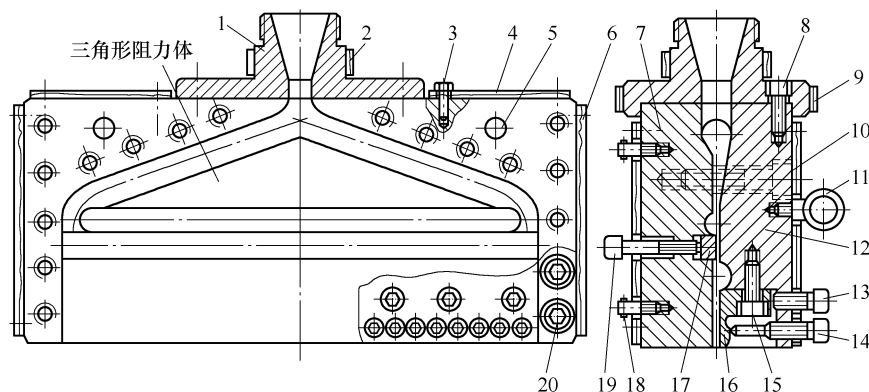


图 6-14 衣架式机头

1—颈接 2—加热圈 3—六角螺栓 4—背加热板 5—定位销 6—侧加热板 7—下模板
8、15、20—内六角螺钉 9—颈接加热板 10—加热板 11—吊环 12—上模板
13—调节螺钉 14—微调螺钉 16—口模唇 17—阻流块 18—热电偶座 19—阻流块调节螺钉

1) 直支管衣架形机头。如图 6-15 所示，支架呈衣架形，支管为圆筒形，支管直径中部与两端相同。可以从支管的两端插入幅宽调节棒，以调节塑料的流动宽度。因此，可以用一个机头生产多种宽度的制品。这种机头适用于热稳定性较好的树脂，如聚乙烯、聚苯乙烯、ABS 塑料等。

2) 支管递减衣架形机头 如图 6-16 所示，这种机头的支管直径从中部到两端逐渐减小，减小的趋势是随熔料的温度、定型长度和间隙及支管的倾斜角度等成对数函数关系。这种机头的流道利于熔料的流动，无滞流现象，产品厚薄均匀度好，不论厚、薄、宽、窄的制品都能生产。热稳定性差的 PVC 塑料也可用此种机头加工，因此，适应性广泛。但和直支管机头相比，制造困难，价格高。

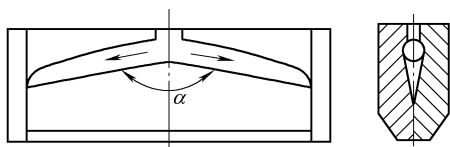


图 6-15 直支管衣架形机头

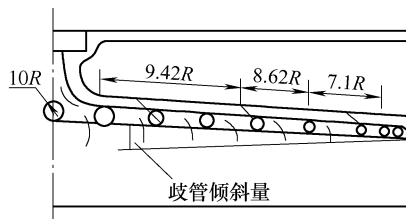


图 6-16 支管递减衣架形机头

6.4.5 螺杆式机头设计

分配螺杆式机头相当于在支管式机头的支管内放入一根分配螺杆，螺杆采用单独的电动

机驱动,使物料不停滞 in 支管内,通过分配螺杆转动迫使塑料熔体沿机头幅宽均匀挤出,克服了支管存料的缺点。改变螺杆转速,可调整板材的厚度,获得厚薄均匀的板材。

为保证连续出料,主螺杆的挤出量应大于分配螺杆的挤出量,即分配螺杆直径比挤出机螺杆直径要小。分配螺杆多采用多头螺纹,螺纹头数为4~6,用于保证多头螺纹的挤出量。分配螺杆机头的突出优点是减少了物料在机头内的停滞,以适合流动性能差、热稳定性不好的PVC类原料。其主要缺点是物料由圆周运动变为直线运动,制品易出现波浪纹痕。为了克服这一缺点,螺杆机头的口模段设计得比较复杂,以使坯料在口模定型段得到进一步的稳定控制。这样加工制造比较复杂,成本较高。图6-17所示为螺杆分配机头模嘴横剖面示意图。螺杆分配机头可以从一端进料,也可从中间进料,如图6-18和图6-19所示。

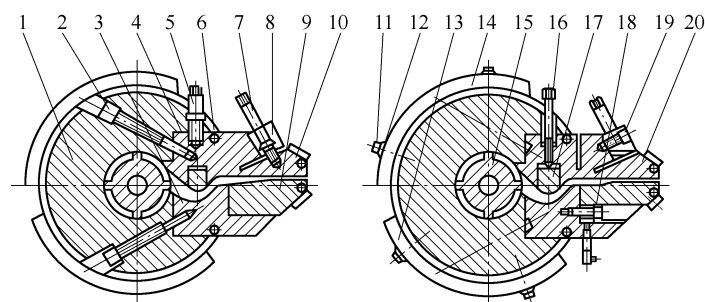


图 6-17 挤出片材螺杆分配机头模嘴横剖面

- 1—机头体 2、19—内六角螺钉 3—下模唇座 4—上模唇 5—调节螺钉 6—管形加热器
7—顶紧螺钉 8—调整块 9—下模唇 10—盖板 11—六角头螺钉 12—垫圈
13、14—铸铝加热器 15—分配螺杆 16—顶紧螺钉 17—阻流块 18—热电偶插座 20—螺钉

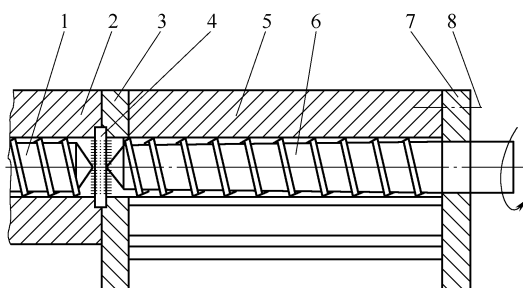


图 6-18 端部供料的螺杆分配机头

- 1—螺杆 2—机筒 3—侧接板 4—滤板
5—机头体 6—分配螺杆 7—侧板 8—螺栓

6.4.6 共挤出板材机头设计

共挤出板材机头由两台或多台挤出机向机头共同供料,挤出的熔料在模内或出模后立即粘接复合成板(片)材。图6-20所示为双色或双层复合共挤板材机头。

共挤板材机头的特点是将两种或多种不同颜色或不同品种的塑料熔体,通过A、B两个或多个流道分别注入,经分流区、阻流区、滞流区进入模唇。在挤出模唇中间靠挤出压力将两股熔料粘合在一起复合成双色或双层复合板材,发挥不同颜色、不同材料的性能,以达到充分利用的综合效果。

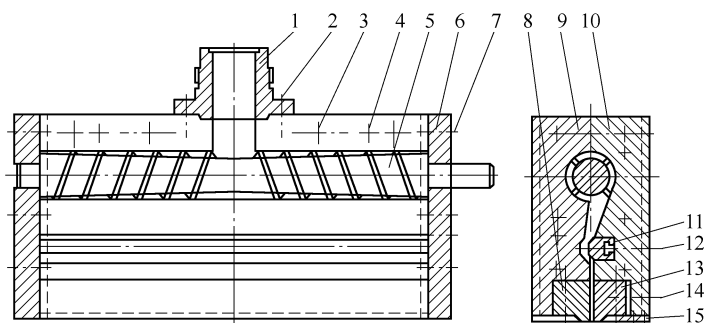


图 6-19 中央供料的螺杆分配机头

1—接颈 2、14—螺栓 3、7、12—螺钉 4—柱销 5—分配螺杆 6—侧板
8—下模唇 9—下模体 10—上模体 11—阻流条 13—上模唇 15—挡板

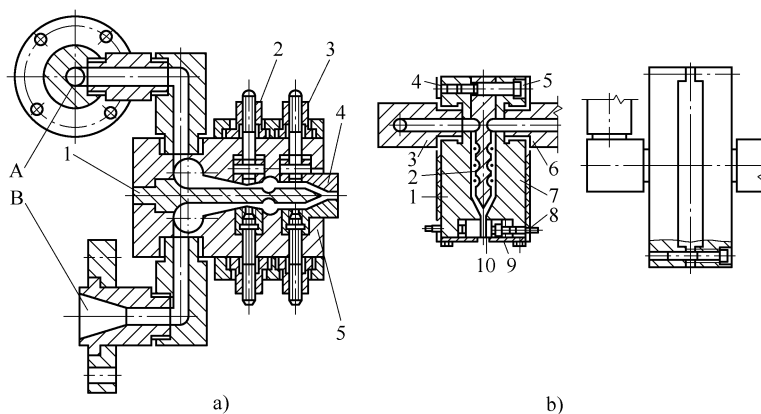


图 6-20 双色（或双层）复合共挤板材机头

a) 机头形式（一）

A、B—流道 1—中隔板 2—阻流装置 3—模唇调节装置 4—模唇 5—机头体

b) 机头形式（二）

1、7—下、上机头体 2—芯模 3—挤出机 A 4—加热圈 5—固定螺钉

6—挤出机 B 8—调节螺钉 9—挡板 10—调节块

6.4.7 自由发泡板（片）材机头设计

图 6-21 所示是一套自由发泡板（片）材机头结构，它是由衣架形板（片）材机头演变过来的，但它又和鱼尾形机头结构类似，不设支管结构。机头内部空腔呈流线型，以保证流动畅通。内部型腔容积比鱼尾形机头大。流道内腔为压缩式，设计有缓冲段和平直段，还有阻流调节块。口模唇采用微量调节装置，平直段设计长度为 50 ~ 70mm。该机头适宜生产 PE、PP、PVC 等树脂。

6.4.8 板（片）材机头试模调机

(1) 板（片）材挤出机头口模的调节方式 口模平直段的长度，一般要根据板材的厚

度而定,通常取板材厚度的20~30倍。如板材厚度为0.25~0.5mm,口模平直段流道长为6~10mm;板材厚度为0.5~1.5mm,口模平直段流道长为12~30mm;板材厚度为1.5~5mm,口模平直段流道长为35~80mm。为了得到不同厚度的板(片)材制品,需要调节口模的间隙。常用的调节口模间隙的方法有以下几种。

1) 上下口模移动法。图6-22所示为格子板机头用螺钉调节模唇上下移动而控制口模出胶间隙的方法。也可采用上、下口模板都能调节,这是一种粗调的方法,容易形成死角,不利于料的流动,有滞流现象且会引起分解。由于缺点多,虽然更换口模方便,快捷,此种方法也很少采用。

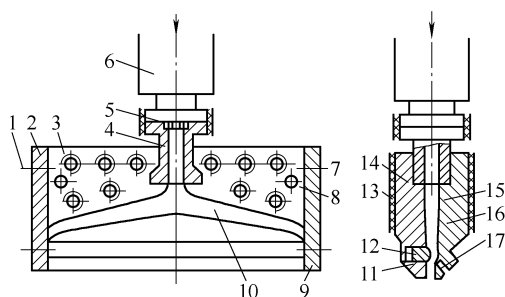


图 6-21 自由发泡板(片)材机头

1、7—固定螺钉 2、9—左、右侧压块 3—固定螺孔
4—模颈 5—过滤板 6—挤出机 8—定位孔
10—支管流道 11—阻流调节块 12、17—调节螺钉
13—加热圈 14、16—下、上机头体 15—热电偶

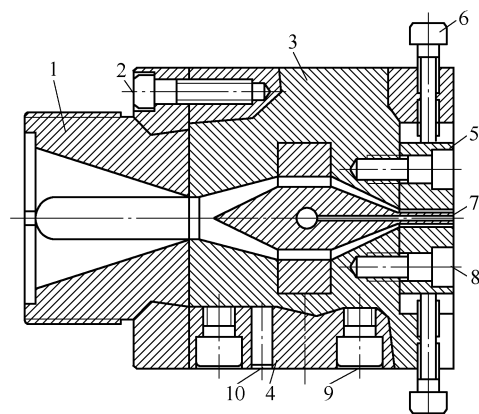


图 6-22 格子板模唇上下移动调节间隙

1—连接体 2—固定螺钉 3—上模体 4—下模体
5—口模板 6—调节螺钉 7—芯棒 8—口模螺钉
9—模体螺钉 10—定位销

还有一种通过调节芯棒上下移动来改变口模间隙的方法,如图6-23所示。

2) 微量弹性调节法。如图6-24所示是最常用的使口模间隙产生微量弹性变形的调节装置。它是在可调模唇上开一个小沟槽,通过螺栓的调节作用,使模唇口产生微量的弹性变形,从而达到改变口模间隙的方法。这种方法是在口模的全幅宽上设置推、拉螺栓,靠转动螺栓来改变间隙的大小,从而达到调节厚薄的目的。这种装置结构简单,容易加工,调整方便,调节精度高。

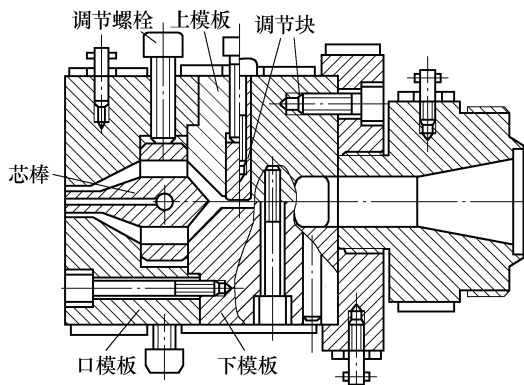


图 6-23 格子板芯棒上下移动调节间隙

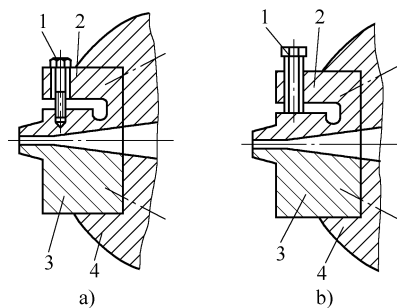


图 6-24 口模微量间隙调节法

a) 拉调节口模间隙法 b) 推调节口模间隙法
1—调节螺栓 2—可调口模 3—固定口模 4—机头体

3) 差动螺栓调节法。如图 6-25 所示, 差动螺栓调节是一种将推、拉合为一起的螺栓调整结构。它通过同一螺栓上的两段不同直径螺纹, 靠两个不同螺距之差, 带动口模产生弹性变形从而达到调整间隙的目的。这种方法调整精度高, 且结构简单, 操作方便。一般情况下, 生产板材的扁平机头都兼用阻流块、阻流棒和口模间隙调节装置。

4) 带稳压支管和凹槽的调节装置。对于低黏度、流动性好的塑料, 为进一步提高制品的厚薄均匀度, 可在口模前开设压力支管, 在口模后开设两个稳压凹槽。图 6-26 所示为带稳压支管凹槽的机头结构, 它可提高厚薄均匀度 10% 以上。此种方法对 PVC 塑料不适用。

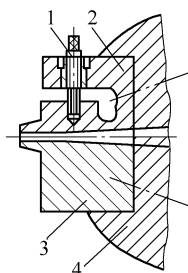


图 6-25 用差动螺栓调整间隙

1—调整螺栓 2—可调口模
3—固定口模 4—机头体

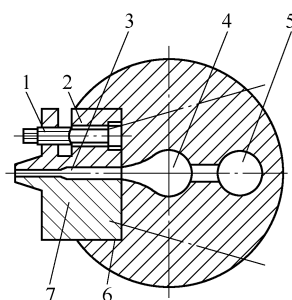


图 6-26 带稳压支管凹槽的机头结构

1—调整螺栓 2—可调口模 3—稳压支管 4—支管
5—进料口 6—机头体 7—固定口模

5) 热膨胀螺钉调节口模间隙装置。图 6-27 所示是利用热膨胀螺钉来调节进给量。当调节螺钉温度增高时, 通过调质淬火加硬的螺钉受热膨胀顶动柔性口模压缩模唇间隙减小; 当通入压缩空气对螺钉冷却时, 膨胀螺钉冷却收缩, 螺钉长度缩短, 把模唇往上拉, 口模间隙又扩大, 使出胶压力流速加大, 料坯增厚。这种方式也可用微机系统来调控, 并可把阻流排一起用微机控制。

(2) 板材机头口模技术参数与制品质量关系

1) 板坯进入三辊的方向与制品质量关系。如图 6-28 所示, 坯料进入压光辊的方向有水平、斜向、向下、向上四种。

① 水平方向。图 6-28a 所示适用于一般厚度的板材, 且应用较广。厚板由于自重, 使板坯在口模与三辊中间下垂, 因此往往容易产生横向小皱纹。

② 斜向。图 6-28b 所示适用于成型厚板材, 料坯向下倾斜可避免板坯产生下垂现象。

③ 向下。图 6-28c 所示主要适用于薄板和薄膜的挤出, 但不适用中、厚板挤出成型。

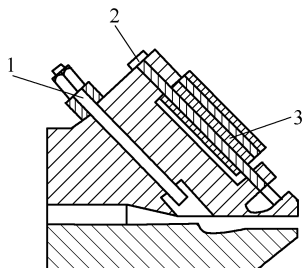


图 6-27 热膨胀螺钉调节口模间隙

1—可调阻流排 2—热膨胀螺钉 3—加热器

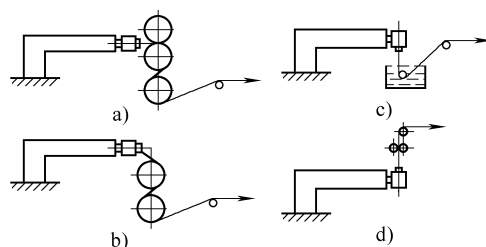


图 6-28 坯料进入压光辊的方向

a) 水平 b) 斜向 c) 向下 d) 向上

④ 向上。图 6-28d 所示需要较大的牵伸力。因此种方式不会像水平挤出因自重产生下垂现象, 所以可挤出成型无内应力、光学性能好的板材。

板材主要采用水平挤出, 坯料从上、中辊之间或中、下辊之间引入三辊。

板坯水平进入三辊位置情况比较, 如图 6-29 所示。

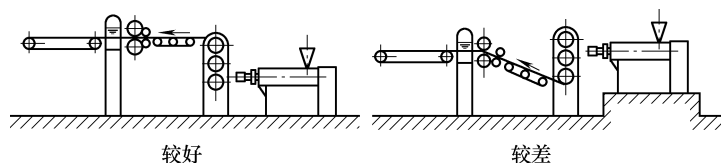


图 6-29 板坯水平进入三辊位置比较

板坯主要是水平挤出进入三辊的, 它可从上、中辊间进入, 也可从中、下辊间引入, 比较起来还是中、下辊进入较好。因为此种方式三辊总高度小, 上辊调距方便、快捷, 板坯不会下垂松弛, 操作方便。

2) 机头温度与制品质量关系。如图 6-30 所示, 机头温度一般应比机筒温度高 10°C 左右。机头温度过低, 板材表面无光泽、易裂; 温度过高, 物料易分解且有气泡。板材挤出采用的是扁平机头, 机头温度应控制为中间低两端高, 且温度高低要适中, 温差应很小, 并达到温度基本稳定不波动。

3) 机头出料均匀性与制品厚度关系。机头出料的均匀性越好, 最后制品的厚度就越均匀, 尺寸稳定性就越好, 内应力也越小。

4) 口模间隙与出料均匀性。口模间隙 (h) 并不等于制品的厚度, 这是由于板坯离模膨胀、拉伸及冷却收缩的影响。但是口模间隙的大小直接决定着制品的厚度。通常口模间隙比最终制品厚度大 $12\% \sim 33\%$ 。口模间隙作为机头流道的重要组成部分, 它的大小直接影响机头的出料均匀性。一般口模间隙增加 (即制品越厚), 出料均匀性则明显下降, 这是 T 形和衣架机头的流道特性决定的。通常认为当宽幅制品厚度超过 5mm 时, T 形机头的出料均匀性很难满足对制品厚度均匀性的要求。挤出平板的 T 形机头, 由于制品厚度小, 机头的出料均匀性好, 即使宽幅制品也可不设置均匀性调节装置 (阻尼棒), 而是靠口模间隙调节装置经过微调就可以了。

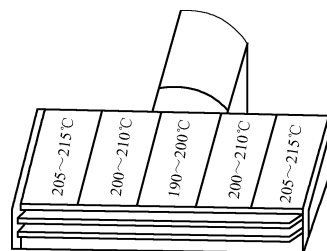


图 6-30 ABC 塑料板材的机头温度分布

5) 口模宽度与出料均匀性。口模宽度一般为制品宽度加切边宽度 (每边通常加 $10 \sim 30\text{mm}$)。制品宽度增加, 无论是 T 形还是衣架机头, 其出料均匀性都会降低。通常薄窄制品应选用 T 形机头, 这样既可满足制品的均匀性, 又能使制品成本降低。当制品较宽较厚时才采用衣架机头。

6) 机头温度与出料均匀性。机头的料流量和机头温度分布直接相关。通过对机头温度及其温度分布的调节可直接改变所加工物料的幂律指数, 从而达到调节出料均匀性的目的。机头的流量也可通过改变螺杆的转速来调节。

7) 机头设计参数与出料均匀性。机头中支管扩张角 α 、支管直径 D 和三角区间隙 H 是衣架机头的重要流道参数, 它们之间存在最佳匹配关系, 可使机头的出料均匀性达到最佳。

对于 T 形机头支管的直径越大, 机头的出料均匀性越好, 但物料在机头内的停滞时间会增加, 对 PVC 料不利。

8) 口模长度与出料均匀性。T 形和衣架机头口模长度 (L) 的确定主要应考虑机头阻力和离模膨胀这两个因素。T 形和衣架机头的机头压力主要是由口模段的阻力造成的, 约为机头总压力的 80%。口模长度越长, 机头压力就越大。因此大多数 T 形和衣架式机头的口模长度都应满足 $L < 40h$ 。但是口模长度也不能过短, 口模直线段过短, 物料在机头内部流动中得不到充分的压实, 会造成最终制品的力学性能下降。口模长度足够长时, 物料的膨胀趋于平稳; 口模长度较短时, 离口膨胀随 L/h 的变化很明显。因此板材平膜机头通常要求 $L > (15 \sim 30)h$, 从而减少或消除由于离模膨胀不均匀而引起出料不均匀。

6.5 板 (片) 材生产综合成型工艺

(1) 成型温度

1) 机筒和机头温度。挤出机的螺杆和机筒温度应根据成型塑料的品种以及螺杆、机筒、机头的结构形状特性来决定。机筒温度设定后, 机头温度应稍高一点, 大约高 $5 \sim 10^{\circ}\text{C}$ 。因机头温度低, 成型后的板材表面不光亮、粗糙且容易开裂、产生橘皮纹; 但机头温度太高, 熔料也会变色、分解, 产生气泡、丝纹、变色条纹、斑点。机头的温度一般应控制为中间低两边高。因为板材挤出采用的是扁平机头, 往往都是中间出料快压力高, 两边压力低出料慢。所以可以采用提高扁平机头两边的温度来达到使口模全长压力平稳的目的。几种常用板 (片) 材的成型温度见表 6-1。

2) 三辊压光机温度。三辊压光机是板 (片) 材冷却、压光、定厚度的重要设备, 其工艺性能直接决定产品平整度和光亮度。从挤出机口模挤出的板坯温度较高, 板坯出模后立即进入三辊压光机, 由三辊压光并慢慢冷却。三辊压光机不但起压光和冷却作用, 还起牵引作用。为了使板材缓慢冷却, 防止因内应力造成板材翘曲变形, 三辊压光机的三个辊筒加热是关键。过高的辊筒温度会使热板坯粘在辊筒上脱不开, 并造成表面产生横向条纹; 辊筒温度过低, 板材表面不光亮、有斑点, 还会使板 (片) 材不能贴紧辊筒表面。所以三辊应设计单独的温控装置, 并能准确调温控温。通常中辊温度较高, 上辊温度较低, 下辊温度最低。如挤出成型 PVC-U 板材时, 三个辊筒温度依次为 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 、 $80 \sim 90^{\circ}\text{C}$ 、 $60 \sim 70^{\circ}\text{C}$ 。表 6-1 中压光机三辊温度可供设计时参考。三个压光辊与口模的距离应尽量近, 一般为 $50 \sim 100\text{mm}$ 。

表 6-1 常用塑料板 (片) 材的成型温度

(单位: $^{\circ}\text{C}$)

品种 温度 位置		RPVC (板)	RPVC (片)	SPVC	HDPE (板)	LDPE	PP (板)	ABS (板)	PC (板)	改性 PS (板)
机身 温度	1	120 ~ 130	120 ~ 130	120 ~ 130	150 ~ 160	140 ~ 150	150 ~ 160	170 ~ 180	220 ~ 230	170 ~ 180
	2	130 ~ 140	130 ~ 140	130 ~ 140	160 ~ 170	150 ~ 160	170 ~ 180	180 ~ 190	230 ~ 240	180 ~ 190
	3	150 ~ 160	150 ~ 160	140 ~ 150	170 ~ 180	160 ~ 170	190 ~ 200	190 ~ 200	240 ~ 250	190 ~ 200
	4	170 ~ 180	160 ~ 170	150 ~ 160	180 ~ 190	170 ~ 180	210 ~ 220	200 ~ 215	250 ~ 260	200 ~ 210
	5	—	—	—	—	—	—	215 ~ 225	250 ~ 270	—
连接器		150 ~ 160	150 ~ 160	140 ~ 150	170 ~ 180	170 ~ 180	190 ~ 210	215 ~ 225	250 ~ 260	200 ~ 210

(续)

品种 温度 位置		RPVC (板)	RPVC (片)	SPVC	HDPE (板)	LDPE	PP (板)	ABS (板)	PC (板)	改性 PS (板)
机 头 温 度	1	175 ~ 180	175 ~ 180	165 ~ 170	190 ~ 200	175 ~ 185	200 ~ 210	230 ~ 240	250 ~ 260	220 ~ 230
	2	170 ~ 175	170 ~ 175	160 ~ 165	180 ~ 190	170 ~ 180	190 ~ 200	220 ~ 230	240 ~ 250	210 ~ 220
	3	160 ~ 165	165 ~ 170	150 ~ 155	170 ~ 180	160 ~ 170	180 ~ 190	210 ~ 220	230 ~ 240	200 ~ 210
	4	170 ~ 175	170 ~ 175	160 ~ 165	180 ~ 190	170 ~ 180	190 ~ 200	220 ~ 230	240 ~ 250	210 ~ 220
	5	175 ~ 180	175 ~ 180	165 ~ 170	190 ~ 200	175 ~ 185	200 ~ 210	230 ~ 240	250 ~ 260	220 ~ 230
压 光 机 温 度	上辊	70 ~ 80		75 ~ 80	90 ~ 100	75 ~ 85	70 ~ 80	90 ~ 100	120 ~ 135	80 ~ 90
	中辊	80 ~ 90		75 ~ 85	80 ~ 90	60 ~ 80	70 ~ 90	80 ~ 90	130 ~ 140	90 ~ 100
	下辊	60 ~ 70		60 ~ 65	70 ~ 80	50 ~ 65	55 ~ 60	70 ~ 80	140 ~ 150	70 ~ 80

(2) 螺杆冷却 螺杆冷却的目的，一是有利于加料段塑料的输送，使物料中的水分（包括挥发物）能从料斗底部顺利溢出；二是可以控制板材的质量完好稳定。如果没有螺杆冷却，由于螺杆过热，物料发生分解，在螺槽底部黏附变浅，料流量减少，挤出量下降。所以把螺杆设计成一个冷却系统，其结构如图 6-31 所示。通入螺杆的冷却介质通常是水或者空气。

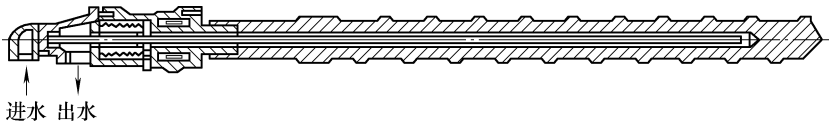


图 6-31 螺杆冷却系统结构

除螺杆需进行冷却外，在进料段的加料座也要另外进行冷却，以防止进料口的温度过高而影响进料，造成料架空推不动。

(3) 板材厚度与模唇厚度及三辊间距的关系

1) 板材厚度与模唇间隙的关系。模唇厚度（口模间隙）并不等于板材厚度，这是由于熔料离模膨胀、牵引拉伸和冷却收缩，使厚度发生变化。一般模唇厚度要大于板材厚度的 10% ~ 20%。如果板材厚度达不到要求，可调节口模温度，也可调节阻力块和口模间隙。当厚度相差较多时调节阻力块，厚度相差较少时调节口模间隙或口模温度。间隙应调整为中间小、两边大为宜。

2) 机头模唇流道的长度与板厚有关系。一般取板材厚度的 20 ~ 30 倍为定型段长度。板材厚度与模唇流道长度的关系见表 6-2。口模平直段（定型段）过短，熔料在口模得不到充分压实，使板材力学性能下降；口模定型段过长，造成挤出压力过大，因此模唇流道长度要适中为宜。

表 6-2 板材厚度与模唇流道长度的关系 (单位: mm)

板材或片材厚度	模唇流道长度
0.25 ~ 0.5	6 ~ 10
0.5 ~ 1.5	12 ~ 26
1.5 ~ 4.8	50 ~ 70

3) 板厚和三辊间距。三辊间距根据进料位置决定，若板材从中、下辊进入，则三辊间距是指中、下辊之间的距离；若板材从上、中辊进入，则三辊间距是指上、中辊之间的距

离。考虑到热收缩，三辊间距应比板材厚度稍大，且沿板材幅宽方向要调整一致。在进料辊之间还应有少量的存料，以弥补机头出料波动，防止缺料。但存料也不能太多，否则会出现大块斑和把冷料带入板材形成排骨状条纹，影响产品质量。

6.6 典型板（片）材制品试模调机

6.6.1 普通板（片）材制品试模调机

（1）聚丙烯（PP）板挤出成型试模调机

1) 原材料选择。不能选用普通 PP 料，必须使用聚丙烯板材挤出成型专用树脂，这些专用原料已配混了辅料。也可用 PP ($MFR = 0.5 \sim 2.5g/10min$) 与 HDPE ($MFR = 0.1 \sim 2g/10min$) 混合料，掺混比例为 (8:2) ~ (6:4) (掺混比例由 HDPE 的分子量大小决定，分子量越大掺混量应小些，反之掺混量应大些)。注意：应选用两种掺混料的熔体流动速率 (MFR) 值尽量接近的树脂。

2) 设备条件。图 6-32 所示为挤出板材生产线设备布置图。建议采用双螺杆挤出机效果更好。

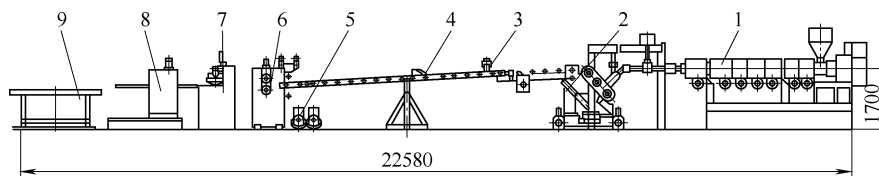


图 6-32 挤出板材生产线

1—挤出机 2—三辊压光机 3—切边装置 4—冷却托架 5—双面覆膜架
6—牵引机 7—纵向锯边机 8—横向切断机 9—堆放台

PP 板挤出成型工艺流程：挤出机→机头→三辊压光机→冷却输送辊→纵向切边装置→二辊牵引机→横向切断装置→PP 成品板→堆放架。

3) 成型工艺。

① 单螺杆挤出机机筒各段温度分别为 1 段（进料口） $140 \sim 160^{\circ}\text{C}$ ，2 段（过渡段） $170 \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，3 段（塑化段） $190 \sim 200^{\circ}\text{C}$ ，4 段（均化段） $210 \sim 220^{\circ}\text{C}$ ，5 段（出料口） $220 \sim 230^{\circ}\text{C}$ 。PP 的成型温度较高（约为 230°C 以上），但其熔体黏度较低，流动性能较好，在成型过程中可提高剪切速率和成型温度以降低熔体黏度，其中提高剪切速率效果更为明显。

② 机头口模温度。口模中间温度为 $195 \sim 205^{\circ}\text{C}$ ，口模两端温度为 $210 \sim 220^{\circ}\text{C}$ 。口模是扁平形，原则上是口模中间温度低，两端温度高，这样出料较理想。由于 PP 具有高温氧化倾向（比 PE 更明显），应尽量避免其高温熔体与铜接触（铜的存在会加快 PP 的氧化降解速度）。否则，会降低 PP 板的力学性能，影响其使用性能。

③ 三辊压光机的辊筒温度。由于板材从机头挤出后首先接触三辊压光机的中辊，因此中辊的温度最高，约高出 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。一般中间辊温度为 $80 \sim 90^{\circ}\text{C}$ ，进料辊（上辊）温度为 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ ，出料辊（下辊）温度为 $50 \sim 60^{\circ}\text{C}$ 。由于 PP 料流动性好，要达到板厚度的均匀性，在进料辊处应使原料有适当的堆积，这样才能保证板厚各处一致，防止缺料。

④ PP 熔体的冷却速度对制品的结晶度影响较大,进而影响制品的透明度。急剧冷却时,PP 的结晶度低,制品的透明度高,但制品的内应力较大。这样 PP 在成型时易发生分子取向,因而使制品产生各向异性。成型过程中对此应特别注意。

⑤ PP 料如果含水量不高可不烘干,但结晶速率要控制好。因为板材从机头挤出后首先接触的是三辊压光机的中辊,所以中辊的温度应该比上辊高 $10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 。只有这样 PP 板在接触压光辊后上下两表面的冷却速度才接近,在冷却速度一致的情况下才可以得到透明的板材,否则由于结晶速率不一致会使板材呈白色结晶状态。压光辊温度过低也会形成白色结晶。

4) 工艺操作要点。

① PP 树脂如果含水量过高,应在 $90 \sim 110^{\circ}\text{C}$ 烘箱中干燥处理 2h。

② 用于食品包装的 PP 板材应符合 GB 9688—1988 的规定。

③ PP 板材外观表面要光滑平整,无气泡、穿孔、杂质。

④ 机头唇口的间隙应可调,表面粗糙度 Ra 应不大于 $0.3\mu\text{m}$ 。

⑤ 挤出机头与螺杆连接处的多孔板上需装三层过滤网(40/80/40目),80目的过滤网装在两粗网中间,以增加强度。

⑥ 三辊压光辊的工作面要镀硬铬层,表面粗糙度 Ra 应不大于 $0.1\mu\text{m}$,且工作面应无气孔和杂质缺陷。

⑦ 三辊压光机与机头口唇的距离控制为 $50 \sim 100\text{mm}$ 。

⑧ 三辊压光机的辊筒工作面的温度应高低可调,辊面上各位置的温度应保持一致。

⑨ 辊筒的转速与口模挤出板坯的速度应基本一致。通常辊筒的转速比口模挤出板坯的速度快 $10\% \sim 20\%$ 。

⑩ 薄的成品 PP 板可卷取,厚的成品 PP 板可按要求长度切断堆放。

(2) 硬聚氯乙烯(RPVC)板挤出成型试模调机 硬聚氯乙烯(RPVC)板材具有良好的耐腐蚀性、电绝缘性能和较高的强度、硬度,广泛应用于化工、电气、农业、建筑等行业中。此外这种板材还具有厚度均匀、整体性能好、生产连续、效率高、焊接性优良、连接容易等特点。但因冷却速度慢,不宜生产超过 20mm 的厚板。

1) 原料选择。聚氯乙烯板挤出成型用原料配方(质量份):

硬质用悬浮法 SG5 或 SG6 型 PVC 树脂为主原料,100;环氧化四氢邻苯二甲酸酯(ED_3),3;硫酸锡,1.5;硬脂酸,0.3;甲基丙烯酸甲酯-丁二烯-苯乙烯共聚物(MBS), $5 \sim 10$;粉料(Ca / Zn),0.3;月桂酸锡,1.0;蓝紫色粉,适量。

在原料选用时,应注意尽量选用料源充足、售价低、性能稳定、掺混熔融好、不分解析出的主辅料配混。

2) 生产设备。聚氯乙烯板挤出成型应选用螺杆结构为等距渐变型、长径比 $L/D \geq 20$ 、压缩比为 3 的螺杆挤出机,成型模具(机头)一般选用支管式或螺杆分配式 T 形机头。

3) 成型工艺。

① 成型工艺流程。单螺杆挤出 RPVC 板材工艺流程:

配料 → 混合 → 造粒 → 挤出 → 压光、冷却 → 牵引 → 堆放

双螺杆挤出 RPVC 板材工艺流程:

配料 → 混合 → 挤出 → 压光、冷却 → 牵引 → 堆放

② 成型温度。选用单螺杆挤出机时，机筒各段温度分别为生产加料段 110 ~ 120℃，过渡段 130 ~ 140℃，塑化段 150 ~ 160℃，均化段 170 ~ 180℃，连接段 160 ~ 170℃。选用双螺杆挤出机时，加料段的温度要设置高些，目的是使物料在加料段的末端就能熔融，以便包住螺杆，防止物料在经过排气段时把物料从排气口抽走，造成物料浪费。选用双螺杆挤出机从加料段到出料段机筒温度依次为 170 ~ 180℃、165 ~ 170℃、165 ~ 175℃。

③ 机头口模温度。硬质板口模中间部位温度为 155 ~ 165℃，中间区和两端面的过渡区部位温度为 165 ~ 175℃，口模两端部位温度为 170 ~ 180℃。

④ 三辊压光机辊筒温度。硬质板上辊（进坯）温度为 70 ~ 80℃，中辊温度为 80 ~ 90℃，下辊（出坯）温度为 60 ~ 70℃。

⑤ 质量要求。聚氯乙烯板的质量要求应符合标准 GB/T 22789.1—2008 规定。外观质量：板边平直、四角均为直角，板边不得有边陷深度大于 3mm 的缺口，表面平整、无明显色差、斑点、凹凸、裂纹、气泡、杂质等。

4) 工艺操作要点。

① 机筒上从加料段到机筒出料口段各段温度应逐渐升高。

② 机头口模温度应略高于机筒出料温度，高出温度控制在 5 ~ 10℃。扁平机头的两端温度应略高于机头中间部位温度高出温度控制在 5 ~ 10℃。

③ 三辊的中间辊上辊面应与机头唇口下平面在一个水平面上，且唇口端面应与中间辊中心线平行，间距为 50 ~ 100mm。

④ 板材机头唇口间隙应略小于或等于板制品厚度。因模唇中间段的料流压力和流速比两端大，模唇中间间隙应略小于两端模唇间隙。

⑤ 三辊工作面的表面粗糙度 Ra 应不大于 0.2 μm。清理辊面残余料时应采用软质铜刀片刮削，不许用钢刀刮辊表面。

⑥ 考虑牵引拉伸和冷却收缩，三辊间的间距应等于或略大于板的厚度。

⑦ 机头模温应控制稳定，温度波动会造成制品的纵向厚度变化。温度升高，熔料流动速度变快，板坯变厚；温度降低，熔料流动速度变慢，板坯变薄。

⑧ 注意控制好三辊的温度，应以进板辊温度略高、出板辊温度略低、中辊温度略高于进板辊温度为原则进行调节。辊面温度太高，板坯不易脱辊，制品表面会产生横纹；辊面温度偏低，制品表面无光泽。

⑨ 三辊的运动速度应略高于板坯从机头挤出的速度，一般速度差不超过 10%。三辊的转速应保持平稳，过快或过慢都会对板的厚度产生影响。

(3) 聚氯乙烯波纹板成型试模调机 生产聚氯乙烯波纹板，可在板材生产线的冷却输送段增加波纹板生产工艺，如图 6-33 所示。把 PVC 硬板再加热软化，经过一组带有圆弧状凹凸钢辊进行热滚压成型波纹板，然后冷却定型、切断，即成为波纹板制品，这里取消了牵引装置。

PVC 波纹板的厚度一般为 2 ~ 4mm。由于具有耐腐蚀性和较好的耐温、耐老化等特性，生产成本低，适合用作防雨和避风材料。成型时板预热

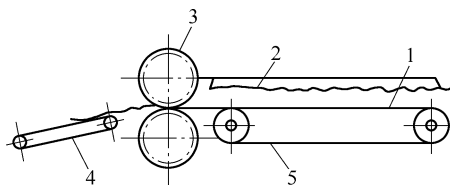


图 6-33 波纹板生产工艺

- 1—PVC 板引入烘箱 2—电阻加热器
3—成型波纹钢辊 4—牵引装置
(波纹板冷却定型) 5—板预热输送带

温度为 120 ~ 135℃, 烘箱的长度根据板厚设计, 加热时间应根据板材厚度决定, 一般控制在 2 ~ 10min, (厚板取大值, 薄板取小值)。压模凸凹钢辊的圆弧成型面温度应控制在 40 ~ 50℃。压制成型的波纹板还要经过 10min 以上的时间冷却定型, 经完全固化后再切断为成品。

(4) ABS 板挤出成型试模调机

1) 概述。ABS 是丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚树脂的英文缩写。ABS 制品具有坚韧、冲击强度高、质硬和刚性好、耐热及表面光洁的优点, 二次加工容易, 在家电、电子、包装等行业中应用广泛, 可制作冰箱、洗衣机、电视机、收录机的外壳及仪表盘等。

生产 ABS 板材时, 应选择 ABS 板材挤出成型的专用树脂。

2) 成型工艺。

① ABS 树脂生产前要在 80 ~ 90℃ 的干燥箱中烘烤 2 ~ 4h, 烘烤后的吸水率应在 0.1% 以下。烘烤后的树脂要马上投料生产, 不宜存放。烘干的树脂存放后又会吸入空气中的水分, 造成制品产生银纹、气泡缺陷。

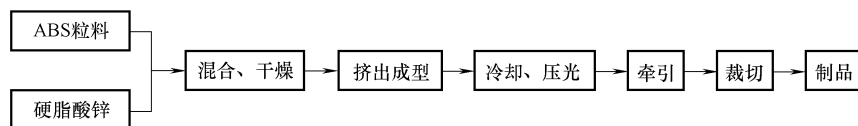
② 原料挤出塑化温度分别为加料段 150 ~ 160℃, 过渡段 170 ~ 180℃, 塑化段 190 ~ 200℃, 均化段 210 ~ 220℃。

③ T 形机头中间温度为 200 ~ 210℃, 两端温度为 220 ~ 230℃。

④ 三辊温度分别为上辊(进坯) 90 ~ 100℃, 中辊 80 ~ 90℃, 下辊(出坯) 70 ~ 80℃。由于 ABS 料温较高, 冷却较慢, 三辊从进坯到出坯温度应逐渐降低。

⑤ 板的质量要求与其他塑料板相同。

3) ABS 板材成型设备。ABS 板材挤出工艺流程:



① 挤出机。普通单螺杆挤出机, 螺杆长径比 $L/D = 20 \sim 25$ 。

② 机头。常采用衣架式机头, 熔料在机头存留时间短, 分配均匀。可成型厚度为 0.2 ~ 6mm 的 ABS 板材。

③ 三辊压光机。由直径 200 ~ 450mm 的三辊压光机进行压光、冷却。若将中辊换为花辊时, 还可生产带花纹的 ABS 板材。

④ 高速混合干燥机用于成型前的物料混合、干燥。

4) ABS 板材成型的工艺要求。

① 混合干燥。生产前原料在温度 80 ~ 90℃ 下干燥 1 ~ 2h。干燥后的料要在短期内使用, 存放时间长又会吸湿。

② 挤出机头、压光机及机筒温度的设定见表 6-1。因衣架式机头为中间进料, 从中间到两边有一定的挤出扩张角, 为保障宽度方向出料均匀, 机头温度应中间低, 两边高, 配合模唇调节阻力块控制出料的均匀性。

③ 三辊压光机中的三辊线速度应比挤出机的挤出速度稍快, 牵引速度应等于或稍大于三辊压光线速度, 以能拉平板材为标准。

(5) 发泡板材挤出成型试模调机

1) 发泡板材分类及原料配方。常见板材有聚氯乙烯发泡板、聚苯乙烯发泡板等。其中聚氯乙烯低发泡板主要用于代替木材,具有不裂、不腐烂、不变形、密度小、不褪色、色泽鲜艳、不吸水、难燃、耐酸碱、绝缘、韧性好、易二次加工、强度高等优点。而聚苯乙烯发泡板由于有很好的隔热、隔声、减振作用,主要用于包装和建筑材料、汽车内饰件等,既可直接以板材用,也可以通过热成型进行二次加工再应用。如通过印刷、喷墨可用作广告板,也可制作成天花板、地板以塑代木。

硬聚氯乙烯低发泡板挤出成型有三种方法:①结皮法,②自由发泡法,③共挤发泡法。其中共挤发泡法是用两台挤出机,芯层和皮层的配方各不相同,芯层含有发泡剂,而皮层不含发泡剂。结皮法和自由发泡法都是采用一台挤出机挤出一种含有发泡的配方,靠控制生产工艺,使得制品成为外表面有不发泡的表皮、内层为发泡的芯层的低发泡板材。其中聚氯乙烯选用 K 值为 57~60 较合适。

结皮法聚氯乙烯低发泡板原料配方(质量份):

PVC, 100; CPE, 6~8; Ba/Cd 复合稳定剂, 2~3; CaCO_3 , 1~2; 合成酯蜡, 1~2; ACR, 1~3; 环氧脂肪酸酯, 1~2; TiO_2 , 2~3; 柠檬酸, 0.3; 亚磷酸酯, 0.5~1; AC, 3。

自由发泡法聚氯乙烯低发泡板原料配方(质量份):

PVC, 100; EVA (或 ACR), 6~8; Ba/Cd 复合稳定剂, 2~3; 合成酯蜡, 1~2; NaCO_3 , 3; DOP, 1~2; 环氧脂肪酸酯, 1~2; CaCO_3 , 3~5; TiO_2 , 1~2; 亚磷酸酯, 0.5~1。

结皮法聚氯乙烯微发泡仿木板材原料配方(质量份):

PVC S-700, 100; 复合稳定剂 FPX (或 RCE), 6~8; PE 蜡 0.2~0.5; ZB-530, 5~7; AC, 0.3~0.6; CPE, 2~4; CaCO_3 (600 目), 5~10。

新型代木 PVC 发泡板原料配方(质量份):

PVC, 100; 发泡剂 AC, 0.3~0.5; 发泡调节剂, 4~8; 润滑剂, 2~3; 环氧大豆油, 1~2; 稳定剂, 4~6; 轻质 CaCO_3 , 5~7。

2) 工艺流程。聚氯乙烯低发泡板材生产工艺流程如下:

自由发泡法: 原料辅料计量→高速混合→冷却搅拌→单螺杆(或双螺杆)挤出机上料→料斗加料→塑化挤出→机头成型→三辊压光机→冷却输送辊→切边机→牵引机→横向切断机→堆放架→质量检验→成品打包→产品入库。

结皮法: 原辅料计量→高速热混→冷却搅拌→单螺杆(双螺杆)挤出机上料→塑化挤出→机头成型→冷模结皮→真空定型→冷却→牵引→切断→堆放→检验→打捆包装→产品入库。

3) 生产设备。低发泡挤出可采用单螺杆挤出机或双螺杆挤出机。由于双螺杆挤出机的塑化原料滞留时间短,温度分布范围小,发热少,树脂容易调节,因此被广泛用于硬聚氯乙烯的发泡挤出。其他树脂则多采用单螺杆挤出机,长径比应为 24~26,至少为 22。为了抑制发热,压缩比为 2.2~2.6 为宜。

聚氯乙烯发泡板也可在挤出软板的生产线上挤出成型,但挤出机的螺杆必须是专用发泡的螺杆。发泡螺杆与普通螺杆的区别是压缩段比普通螺杆长,而排气段比普通螺杆短。发泡板材的机头应采用专用机头,发泡机头的阻尼块位置在圆形槽的上方,距离口模较近。且发泡机头的外侧面还有油加热装置,它可使机头的温度恒定且均匀。结皮法的发泡设备除了挤出机,还有专用的机头口模和真空定型模及牵引装置。

4) 生产工艺。对自由发泡法,首先按配方把PVC树脂等原料加入高速混合机中混合,待物料温度上升到 100°C 后,加入增塑剂和复合润滑剂等液体原料,使料温继续上升。达到 140°C 时,把混合料放出加到冷搅拌机中,并加入发泡剂,打开冷搅拌机的夹套冷却水,继续降温至 40°C ,然后卸料再加入到挤出机料斗中备用。经挤出机塑化后从专用发泡机头口模中挤出板坯,经三辊压光机压光,冷却输送切边、切断后得到发泡板材。生产过程中,机筒温度从加料口的 120°C 逐渐升高至出料口的 165°C ,口模与机筒连接器的温度为 $160\sim 170^{\circ}\text{C}$ 。机头口模温度应根据不同的板厚控制在 $165\sim 185^{\circ}\text{C}$ 。三辊压光机的温度为 $60\sim 75^{\circ}\text{C}$,以确保表面有结皮。三辊压光机以后的工艺与其他挤出软板工艺相同。

对结皮法低发泡板,要严格控制挤出机、机头模具的温度,保证发泡的均匀细致。模温的高低决定了结皮厚度的大小,模温低结皮厚,模温高结皮薄。真空定型台采用的是一段水冷、一段抽真空的错开排列方式,其作用是利用负压使板材表面吸平,起到定型、冷却、定尺寸的作用。负压大,板材平整光滑,但摩擦阻力也会增大,并造成牵引不稳定及制品外表面有横向条纹。因此负压应适中,能吸平就行。如果配套两个或多个真空定型台,前面的定型台负压可以略低,后面的定型台负压略高,以适应逐渐冷却定型的要求。

5) 直接加气发泡法。发泡用的挤出机为单螺杆挤出机,机头为管膜式机头。为得到光滑的发泡片材,并使管坯扩大一定比例,定型模套应比管口模大一定比例,以适应泡管在发泡过程中的增长变化。一般发泡片材是 $1\sim 4.5\text{mm}$ 厚,管坯从控制温度的定型模芯上拉过,模芯对管坯进行轴向和径向拉伸,同时进行冷却,并将空气引入到口模与定型模芯之间的空隙处,以提高拉伸的均匀性。模芯后面安装了固定刀片,将发泡管坯切开为两股料片,料片由安装在牵引装置入口处的托辊展平,然后引导到卷取装置。生产可卷绕片材的单螺杆挤出机生产线如图6-34所示。

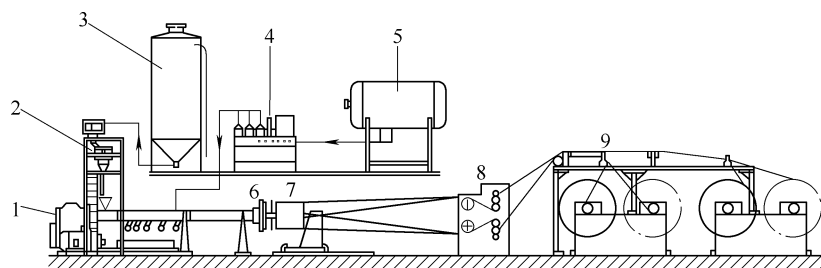


图 6-34 生产可卷绕片材的单螺杆挤出机生产线

- 1—带直接加气的单螺杆挤出机 2—定量加料与混合装置 3—原料料仓
4—发泡剂计量装置 5—发泡剂罐 6—口模 7—定型模芯
8—四辊牵引机 9—中心收卷机

直接加气法生产发泡软片的单螺杆挤出机规格见表 6-3。

表 6-3 直接加气法生产发泡软片的单螺杆挤出机规格

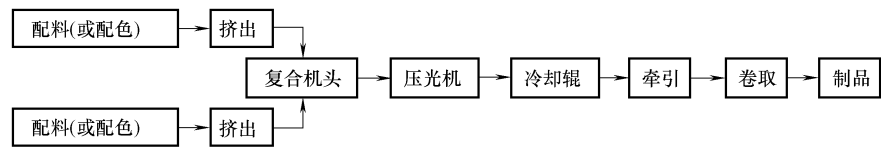
螺杆 直径/ mm	螺杆 长径比 L/D	螺杆 转速/ (r/min)	驱动 功率/ kW	加热 功率/ kW	冷却 功率/ kW	生产率 ^① / (kg/h)	标准产品数据		
							片材尺寸		密度/ (kg/m ³)
							宽度/mm	厚度/mm	
60	38 ~ 42	80	20	18	24	70	2 × 750 或 1 × 1500	0.15 ~ 3.00	70 ~ 250
90	38 ~ 42	45	38	26	42	135	2 × 1100 或 1 × 1800	0.5 ~ 3.5	70 ~ 250
120	38 ~ 42	30	65	42	58	215	2 × 1100 或 1 × 1800	1.5 ~ 3.5	70 ~ 250
150	38 ~ 42	22	95	63	126	310	2 × 1100 或 1 × 1800	1.5 ~ 3.5	70 ~ 250

① 最大值取决于产品的密度和厚度，以及聚合物和发泡剂类型。

6.6.2 多层共挤复合板（片）材成型试模调机

某些用于包装的板材，要求有良好的气密性、强度、刚度、耐热性、热封合性，为满足这些要求，单一材料做不到，于是采用多层复合，即把多层叠加粘合在一起形成复合板材，以达到产品质量要求。将两台或多台挤出机挤出的熔料在机头汇合到一起，形成同一产品的过程就是多层共挤，多层共挤所成型的产品称为多层共挤复合板材。共挤用的塑料树脂有 LLDPE、HDPE、LDPE、PP、EVA、PA 等。

(1) 工艺流程 以双层共挤复合片材为例，其工艺流程如下：



(2) 成型工艺 多层共挤复合板（片）材成型的工艺条件和普通单层板（片）材的工艺条件基本相同，但应注意保持共挤过程中各料层料流流动的稳定性。若各料层料流流动不稳定，则会造成复合板（片）材厚薄不均、表面出现波纹以及层间混合。影响料流流动不稳定的因素很多，如物料出口速度波动、各熔体内温度不均匀、各层之间黏度相差太大、各挤出机不稳定等。因此，在生产前应对所有树脂的流动性进行测定，并确定各挤出机转速与挤出量之间的关系，保证物料的流动稳定，才能使层厚比例恰当，制品厚度均匀。

(3) 成型设备 多层共挤复合片材的成型设备与单层片材的成型设备基本相同，不同之处在于：各种物料的塑化、挤出需要不同的挤出机完成；机头是结构很复杂的共挤出复合机头，它将具有各种特性的树脂以各层叠加的形式，形成复合板材；通常采用的是共挤出的方式，即将多台挤出机分别挤出的熔融料在机头汇合到一起，形成同一产品。

1) 模前复合法。模前复合法是在机头的进料口部分设计合并几种物料的连接部件（见图 6-35），在层流分布器中汇合的物料，通过过渡流道向机头横向扩张成为复合板材。层流分布器内部结构如图 6-36 所示。

采用这种形式的机头可以制作五层以内的共挤板材，如由阻隔性高的 PVDC、热成型良好的 HIPS、韧性良好的 HDPE、热封合性能良好的 LDPE 以及粘结层组成的五层共挤板材。

这种机头形式实质上等于在一个普通的偏平机头的进料口处安装了一个分料组件。当变更物料和共挤层数时,只需增加组件,如图6-37所示。

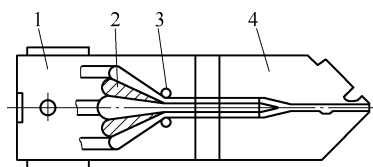


图 6-35 模前复合法机头

1—T 型机头 2—合流调节片

3—分层调节销 4—进料块

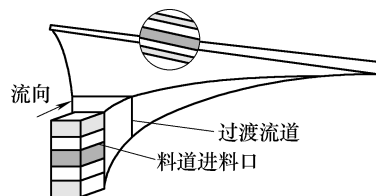


图 6-36 层流分布器内部结构

2) 模内复合法。采用多流道机头,如图6-38所示。由各挤出机挤出的物料分别进入机头内的各自流道,最后在接近机头出口处汇合,形成复合层,从模唇中挤出。

由于各层合流后的距离短,由黏度差所产生的对厚度的影响较小,而且在挤出温度有较大差别的树脂组合时,各个流道间设有空间可以隔热。与模前复合法相比,不同树脂的组合范围更广泛。常用共挤出复合板材用的树脂有 LLDPE、HDPE、LDPE、PP、EVA、PA 等。

3) 共挤出机头结构。图6-39所示为双流道式板材机头,图6-40所示为三流道式板材机头。机头的设计与制造是共挤出复合片材的关键,机头设计制造的好坏直接影响多层复合板材的质量和产量。

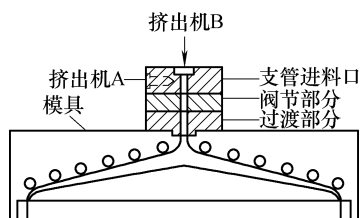


图 6-37 带可更换进料口组件的机头

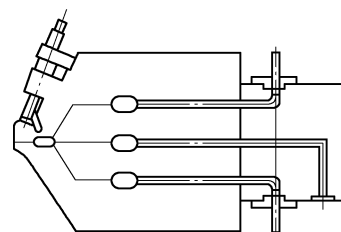


图 6-38 模内复合法机头

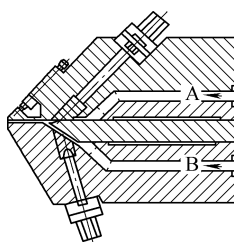


图 6-39 双流道式板材机头

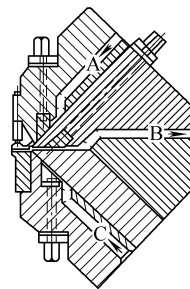


图 6-40 三流道式板材机头

(4) 多层板(片)材共挤出生产技术 MMA/ABS 复合板(片)材成型工艺条件见表6-4。

HIPS/GPPS 复合板(片)材成型工艺条件见表6-5,其中 GPPS 是普通 PS 料。

表 6-4 MMA/ABS 复合板 (片) 材成型工艺条件

成型工艺条件		数 值	
塑料品种		ABS	MMA
挤出机		直径为 90mm, 排气式单螺杆	
机头		宽 750mm, 支管式	
机身温度/℃	1 段	240	260
	2 段	215	250
	3 段	225	235
	4 段	210	275
	5 段	220	255
法兰 1 温度/℃		225	250
法兰 2 温度/℃		220	260
模具温度/℃		220	
压辊温度/℃	上	58	
	中	59	
	下	57	
挤出量/(kg/h)		240	
过滤网孔径/mm		0.180(80 目)	
真空度/MPa		0.07	
板(片)材厚度/mm		6.0	

表 6-5 HIPS/GPPS 复合板 (片) 材成型工艺条件

成型工艺条件		数 值	
塑料品种		HIPS	GPPS
挤出机		直径为 90mm, 排气式单螺杆	
机头		宽 750mm, 支管式	
机身温度/℃	1 段	220	210
	2 段	215	210
	3 段	200	205
	4 段	185	195
	5 段	210	215
法兰 1 温度/℃		195	210
法兰 2 温度/℃		200	210
模具温度/℃		205	
压辊温度/℃	上	55	
	中	56	
	下	48	
挤出量/(kg/h)		245	
过滤网孔径/mm		0.180(80 目)	
真空度/MPa		0.07	
板(片)材厚度/mm		1.0	

1) 多层板 (片) 材的生产控制。多层板 (片) 材生产控制及其相互关系如图 6-41 所示。

2) 多层板 (片) 材挤出生产参数。在多层共挤出成型时, 要正确得知各层的厚度是一件非常困难的事情。因此在共挤出时, 为了确定各层厚度的比例关系并进行材料的更换, 必须在进行多层挤出之前预先掌握各台挤出机螺杆转速与挤出量间的关系, 如图 6-41 所示。

6.6.3 聚碳酸酯中空格子板成型试模调机

(1) 聚碳酸酯中空格子板概述 由于聚碳酸酯中空格子板具有透明和保温的性能, 重量轻, 价格低, 使用安装方便, 其用量远远超过实心板片材, 市场上又叫“阳光板”, 主要

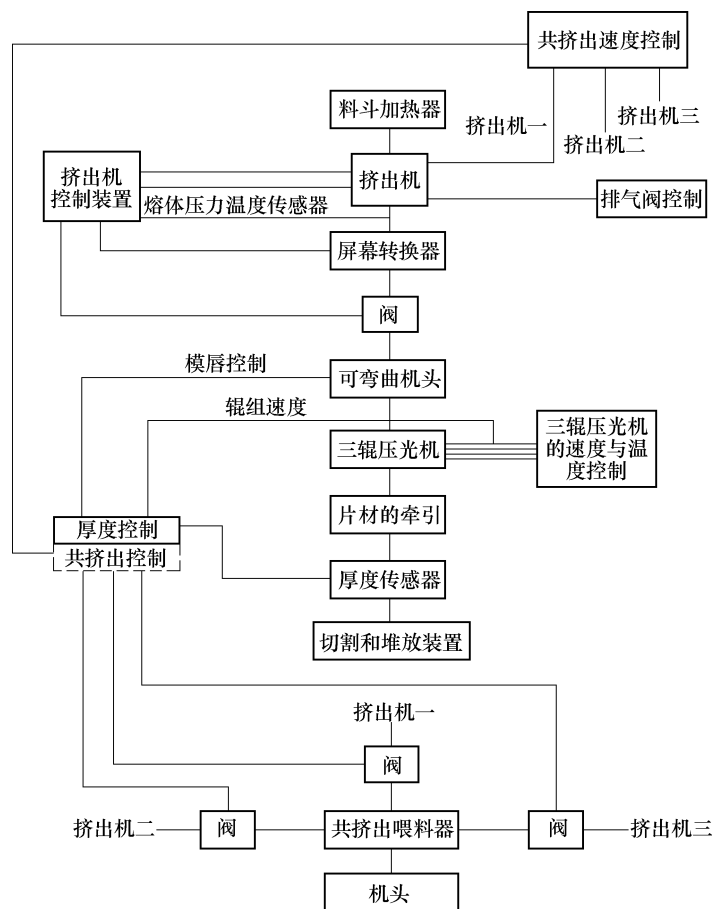


图 6-41 多层板(片)材生产控制及其相互关系

用于温室、天棚、雨棚、场馆、高档包装板、挡风板、隔热板等。

(2) 制品规格

- 1) 使用物料。PC 料(聚碳酸酯)。
- 2) 制品规格。制品宽度为 2100mm, 制品厚度有 4mm、6mm、8mm、10mm 四种规格。
- 3) 挤出产量。300kg/h。

(3) 设备配置清单 聚碳酸酯中空格子板挤出成型生产线如图 6-42 所示。

- 1) 单螺杆挤出机 1 台。
- 2) 熔体泵 1 台。
- 3) 模具 1 套。
- 4) 真空定型台 1 台。
- 5) 一次牵引机 1 台。
- 6) 纵向切边装置 1 套。
- 7) 回火炉 1 台。
- 8) 二次牵引机 1 台。
- 9) 横切割机 1 台。

- 10) 输送机 1 台。
- 11) 堆放台 1 台。
- 12) 挤出机、机头电气控制系统 1 套。
- 13) 辅机电气控制系统 1 套。

(4) 聚碳酸酯中空格子板成型设备规格

1) 挤出机 1 台 (排气式)。螺杆直径为 120mm, 螺杆最高转速为 93r/min, 螺杆长径比 L/D 为 35。机筒加热分 7 区, 总加热功率为 70kW 加热方式为陶瓷加热。冷却方式用小风机冷却 ($7 \times 0.55\text{kW}$), 主电动机为直流 250kW, 采用斜齿轮减速机、进口或国产调速器, 螺杆排气装置配备 5.5kW 水环真空泵。

2) 模具 1 套。模具宽度为 2200mm, 制品板材宽度为 2100mm, 制品厚度为 4mm、6mm、8mm、10mm 四种规格 (用 1 套挤出机头, 通过更换口模芯棒生产四种不同规格的聚碳酸酯中空格子板。四种规格的真空定型模和冷却定型模共用 1 套机头, 按不同规格用不同厚度的等高垫板垫放两边)。采用液压双工位不停机换网器 (配液压站一个), 由液压缸驱动, 液压缸又由电磁阀控制。流道设计两个调节块 (棒) 调节流速。前部上、下模唇具有弹性, 可微调, 凸模 (芯模) 可更换, 以便生产不同规格空心板材。模具设计有进气系统 (用于每个格子芯棒通气)。整个机头分 9 个区段, 每个区段装有一个流速计用于调节气流速度, 分别控制气流大小。机头加热用加热棒, 分成 11 个区段, 测温用热电偶传感器。加热功率为 38kW。

3) 熔体计量泵。熔体计量泵采用丹佛斯变频控制, 驱动电动机功率为 11kW (交流变频)。用于消除料流压力、流量、流速的波动, 确保机头出料平稳均匀一致。

4) 真空定型台 (1 台)。真空定型台中心高为 1200mm, 宽度为 2300mm, 定型有效宽度为 2200mm, 液压升降距离为 350mm, 中心高度可以微调。三组定型抽真空系统功率为 $3 \times 3\text{kW}$, 三组水循环采用恒温控制 ($30 \sim 100^\circ\text{C}$), 电动机功率为 $3 \times 5.5\text{kW}$, 配纵向定型台移动装置, 可电动及手动调节。上定型模由盖板和定型板组成, 板间各有三组冷却柜和三组真空柜, 整个上定型板借助 4 个气缸进行提升开合, 冷却水温度和真空度均可调节。下定型板结构与上定型板相同。整个定型台可以前后、左右、上下移动, 便于与机头对正。通过在定型台两边分别放置 4mm、6mm、8mm、10mm 的垫板, 一套定型台就可以生产 4mm、6mm、8mm、10mm 四种规格的中空格子板。

5) 一次牵引机。一次牵引机共有 6 组, 线速度为 $1 \sim 5\text{m/min}$ 。其胶辊材质为丁腈橡胶, 胶辊规格为 $\phi 180\text{mm} \times 2200\text{mm}$, 电动机功率为 7.5kW。一次牵引机共有 12 个胶轮, 其中下面六个固定在一个平面上原地流滚动, 由直流电动机通过齿形带、蜗轮蜗杆减速齿轮驱动。上面六个是可以提升的, 借助气动气缸可提升到特定位置, 且由一个功率足够大的气动设备驱动, 以保证制品在不被压变形的情况下, 能平稳、无爬行地牵引板材前行。

6) 切边装置 (1 套)。采用加热刀片的切割机是焊接结构件, 安装在可在导轨上移动的托架上。托架的纵向运动用步进电动机控制, 横向运动由变速电动机控制。加热刀片用气动气缸控制。由气动自动压力机在切割过程中支承板材。切割可以手动完成, 也可通过设置自动完成。

7) 回火炉 (1 台)。回火炉长度为 5m, 内部宽度为 2300mm, 上下加热棒中心距为 200mm。回火炉有 14 个加热区, 采用不锈钢加热管 (6kW/区) 加热。回火炉安装在两个牵

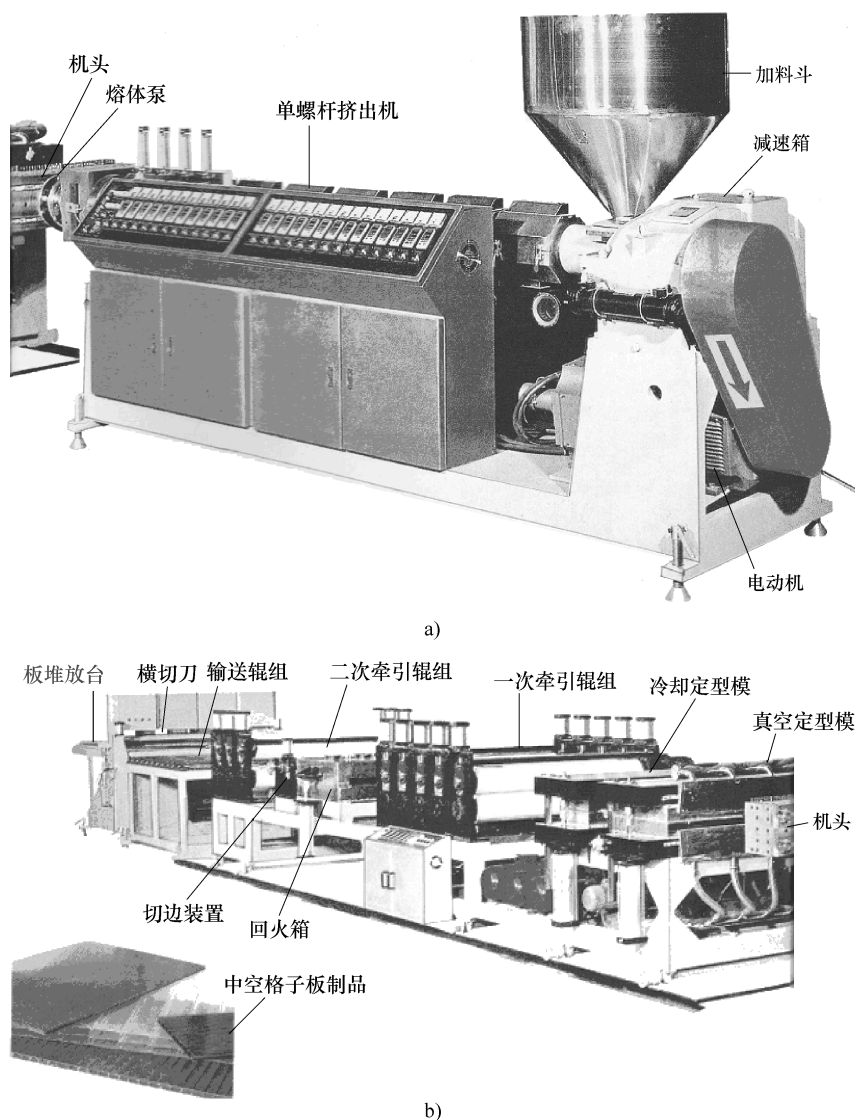


图 6-42 聚碳酸酯中空格子板挤出成型生产线

a) 前段设备 b) 后段设备

引机之间,用于消除中空格子板在冷却定型阶段产生的内应力。回火炉是一个焊接的箱形结构,有横向铰链,用气动方式打开。退火炉分5个上部和5个下部温控区,可对横向、纵向、上部和下部的温度分别控制,从而得到平整的板材。温度用5个红外测头传感器控制,它们测出的温度是板材本身的实际温度。

8) 二次牵引机共有3组,其胶辊规格为 $\phi 180\text{mm} \times 2200\text{mm}$,有6套气动升降(行程可调气缸)装置,电动机功率为3kW。

9) 输送台。输送台横向移动用电动机(1.5kW)驱动,纵向移动用气缸驱动。输送台尺寸为 $4000\text{mm} \times 2200\text{mm}$ 。

10) 堆放台尺寸为 $4000\text{mm} \times 2200\text{mm}$ 。

(5) 聚碳酸酯中空格子板机头、真空定型模设计

1) 聚碳酸酯中空格子板机头设计。从聚碳酸酯中空格子板的结构形状和规格尺寸都不难看出,它属于一种幅宽、壁薄并且中间呈空格的特殊异型板材;其成型机头与板(片)材机头相似,外形为扁平形,但内部结构应与异型材机头一样,设有分流锥及芯模支架。因为其流道变化大,支管扩张角与模宽度呈对数关系,流道的设计和尺寸计算十分复杂。要在1200mm以上宽度的口模上使物料的流速完全相等,压力相同,且达到出料一致,困难很大。一般生产800mm以上宽度的板材都采用螺杆式机头结构设计,但为了节约成本,这里采用了支管渐减式的衣架型结构机头,如图6-43所示。

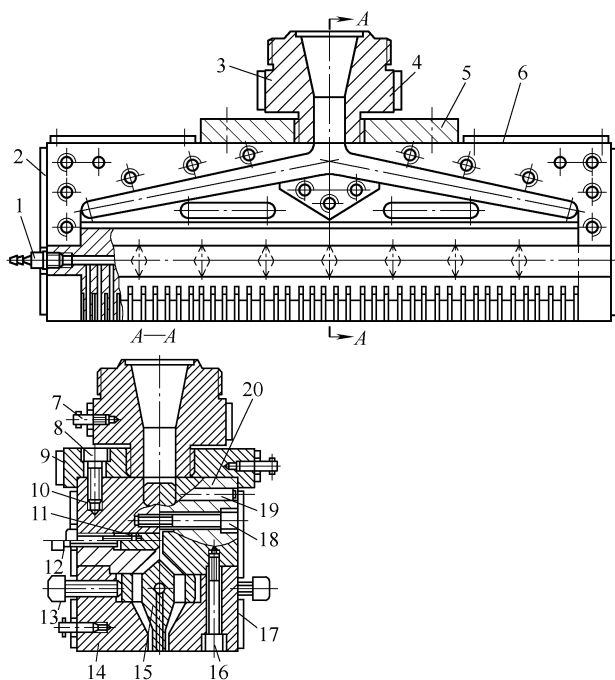


图 6-43 聚碳酸酯中空格子板机头结构

- 1—气嘴 2—模侧加热板 3—颈接 4—颈接加热圈 5—连接板
6—模背加热板 7—电热偶座 8、16、18—螺钉 9—连接板加热块
10—下模板 11—阻流块 12、13—调节螺钉 14—口模
15—芯模 17—加热板 19—定位销 20—上模板

采用衣架型结构机头生产1200mm宽的格子板可以说是突破常规。为此专为本机头设计了阻流调节装置和缓冲区,以保证熔料流速均匀;通过对芯模间隙的上、下调节,保证了壁厚上、下均匀;加热装置分左、中、右五区控温,控温合理,模板厚度适中,强度好,连接螺钉布置合理,分型面压紧不漏胶,整个结构简单、紧凑、合理,加工方便,制造成本低。

2) 聚碳酸酯中空格子板定型模设计。设计的真空定型模宽为1600mm,长为3400mm。在这台能前后移动的定型台上还安装了一套真空吸附定型模和两套冷却定型模,如图6-44所示。

在真空吸附定型模的上、下定型板内设置了七道槽,其中第一道为气槽,第二、四、六

道槽为真空吸附槽,第三、五、七道槽为水槽,作用是通水冷却降温。压缩空气由上、下板气槽的前端斜缝中吹出,对离开机头口模的坯料进行上、下表面冷却,使坯料表面降温达到初步硬化,防止熔融状态的坯料黏附在定型板上,或被吸入真空槽。由于制品的线速度较快,塑料中空格子板经真空定型后,只是初步定型,还未完全冷却。为了防止其翘曲变形,又特地设置了两套宽为400mm的冷却定型模,对制品继续实施平压式冷却,以确保产品质量。这里也可以采用两个真空定型模,及中间配置一个冷却定型模的方式,未完全冷却的部分在多组牵引过程中继续冷却,即第二个真空定型模起冷却定型双功能。

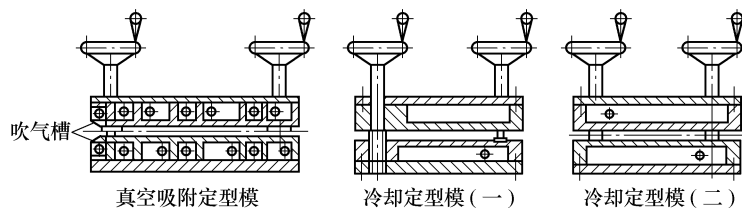


图 6-44 聚碳酸酯中空格子板定型模

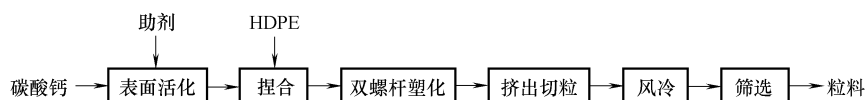
3) 牵引速度。格子板的牵引与普通板(片)材牵引不同。普通板材牵引橡胶辊的组数少,且一般都是下辊作主动轮,上辊压紧板材。而中空格子板不同。因板是空心的,不能承受较大压力,否则立筋会全部压弯,影响制品的强度和外观。但是如果不压紧又会因牵引力小于抽真空所产生的吸附力,而使胶辊打滑,不能正常生产。为此专门设计了有六对橡胶辊的牵引机,并且上、下辊全部采用链条传动,增大了胶辊对制品的摩擦力,保证了正常的牵引生产。

6.6.4 高密度聚乙烯钙塑格子板成型试模调机

主要用于制作包装箱的高密度聚乙烯钙塑格子板应用广,市场需求大,其生产设备(机头、真空定型模及配套设备)与聚碳酸酯中空格子板生产设备相同,只是工艺流程和工艺设计稍有不同。

(1) 工艺流程

1) 配方造粒工艺流程。



2) 挤出成型工艺流程。粒料→塑化→挤出→真空成型→冷却定型→牵引→切割→检验→钙塑格子板。

3) 成箱工艺流程。钙塑格子板→分切→模切→印刷→打钉→检验→捆扎→包装箱成品入库。

(2) 高密度聚乙烯钙塑格子板原料配方(质量份) HDPE, 100; 改性剂, 5~10; CaCO_3 , 20~60; 偶联剂, 1~5; 其他, 适量。

(3) 成箱工艺设计 做过瓦楞纸箱的人都知道,成箱工艺虽简单,但必须经过纵、横向的分线、压痕和开槽、切角等几道工序,最后才能成箱。虽然目前已经有三合一、四合一的成箱设备,能将纵向分线、压痕合为一道工序,将横向分线、压痕、开槽、切角四道工序

合为一步完成,但是由于中空钙塑格子板的表面比较光滑,抗压和抗剪切的强度也较高,因此无论是在旧的纸箱设备上,还是在新的成型纸箱设备上进行二次加工,结果总是不理想。为此,根据金属件冲压成型的原理,同设计落料、成型的复合模一样,按照包装箱成型形状和尺寸的要求,设计、加工出刀刃切剪、压痕成型的模板,利用纸盒的平压模切机,实现一次成型的工艺改进。这样不仅使成箱工艺大大简化,生产效率也大大提高,而且还提高了钙塑中空格子板包装箱的质量。

6.7 挤出板(片)材生产中的异常现象、原因分析及解决方法(见表6-6~表6-9)

表 6-6 结皮法硬聚氯乙烯发泡板材生产中的异常现象、原因分析和解决方法

异常现象	原因分析	解决方法
发泡不充分,制品密度大	①发泡剂用量不足 ②温度过低,发气量不足 ③温度过高,气泡破裂 ④配方不当,提前或滞后发泡 ⑤熔体强度低,包不住气泡 ⑥熔体强度过高,抑制气泡形成	①适当加大发泡剂用量 ②适当提高加工温度 ③适当降低加工温度 ④调整发泡剂、活化剂用量及搭配 ⑤更换树脂型号,加大 ACR 用量 ⑥更换树脂型号,适当降低 ACR 用量
表面波浪形	①出料不均 ②温度不均匀,造成出料不均 ③电源电压不稳定 ④阻力过大	①调节口模间隙 ②调整温度,达到均匀 ③稳定电压 ④适当降低真空台负压及上台压力
表面鱼鳞纹	①局部出料慢,表皮拉破 ②气体冲破表皮	①适当加大口模间隙,提高对应位温度 ②适当降低加工温度和发泡剂用量,加大 ACR 用量
表面凹陷	①局部发泡不充分 ②局部出料慢 ③真空负压不足	①提高对应位置模具温度 ②加大对应位置口模间隙 ③适当加大真空负压
发黄或烧焦	①加工温度过高 ②挤出过慢 ③稳定剂用量不足	①适当降低加工温度 ②适当提高挤出速度 ③适当加大稳定剂用量
局部空心分层	①口模间隙过小 ②温度过低 ③牵引太快	①适当加大口模间隙 ②适当提高口模温度 ③适当降低牵引速度
板材翘曲	①厚薄不一,发泡不均 ②内应力较大	①调节口模间隙、机头温度,使料流均匀 ②均匀冷却
制品脆性大	①填料用量过多 ②抗冲击剂用量不足	①适当降低填料用量 ②适当加大抗冲击剂用量

表 6-7 普通挤出板材生产中的异常现象、原因分析及解决方法

异常现象	原因分析	解决方法
厚度不均	①物料塑化不均匀 ②口模温度不均匀 ③口模内阻力块调节不均匀 ④三辊轴向间距不均匀 ⑤模唇开度不均匀 ⑥牵引速度不均匀(纵向)	①提高温度,使塑化良好 ②检修加热装置,调节口模温度 ③调节口模的阻力块到合适位置 ④调整三辊轴向间距 ⑤调节模唇开度 ⑥检修牵引设备

(续)

异常现象	原因分析	解决方法
表面光泽不好	①机头温度偏低 ②压光辊表面不光亮 ③压光辊温度偏低 ④机头模唇流道(平直段)太短 ⑤模唇表面不光洁 ⑥原料中含有水分	①提高机头温度 ②调换辊筒或重新抛光打磨 ③提高压光辊温度 ④增加模唇平直段长度 ⑤重新研磨抛光模唇流道 ⑥干燥原料
表面有气泡	原料中有水分	重新干燥原料
板材表面有破洞或断裂	①机头温度过低 ②阻力块调节不当,料流不稳 ③挤出速度太快,塑化不良 ④牵引速度太快 ⑤模唇间隙太小	①适当提高机头温度 ②调节阻力块 ③降低挤出速度 ④放慢牵引速度 ⑤调整模唇,增加开度
挤出方向出现线纹或变色条纹	①模唇受伤 ②模唇内有杂质堵塞 ③压光辊表面刮伤 ④口模温度过高,料过热分解 ⑤过滤网破裂 ⑥机头流道有死角	①研磨模唇表面 ②清理模唇 ③调换辊筒 ④降低口模温度 ⑤更换过滤网 ⑥修改机头设计
表面粗糙,产生横向隆起	①物料塑化不好 ②三辊间余料太多 ③螺杆转速太快 ④厚薄相差太大 ⑤压光辊压力过大	①提高温度,改进配方 ②降低挤出速度或提高牵引速度 ③调整螺杆转速 ④调节模唇开度 ⑤加大压光辊间距
表面有黑色或变色线条、斑点	①机头温度太高,物料分解 ②机头有死角,料停滞分解 ③三辊表面有析出物黏附 ④过滤板网被杂质阻塞,物料分解变色 ⑤原料中混有杂质	①降低机头温度 ②清理机头并维修 ③清理三辊表面 ④清理更换过滤板、网 ⑤更换原料
表面有凹坑、丝纹、气泡	①机头温度过高 ②原料中有水分及易挥发物	①降低机头温度 ②干燥原料或调整配方
表面翘曲不平	①挤出速度太快,冷却不足 ②牵引速度慢 ③三辊温度过低 ④三辊之间温度不平衡 ⑤模唇开度太大,定向产生翘曲	①降低挤出速度,提高冷却效果 ②提高牵引速度 ③提高三辊温度 ④调整三辊温度均衡 ⑤适当减少模唇开度
板材表面粗糙,有橘皮纹	①机头温度偏低 ②原料潮湿,含低挥发物 ③模唇平直段太短 ④螺杆转速太快,塑化差 ⑤压光辊温度偏低 ⑥压光辊压力不足	①提高机头温度 ②干燥原料,调整配方 ③增加模唇平直段长度 ④适当降低螺杆转速 ⑤适当升高压光辊温度 ⑥调整提高三辊压力

(续)

异常现象	原因分析	解决方法
表面有凹陷、小坑、痘斑	①原料潮湿或干燥不足 ②挤出机排气孔阻塞 ③原料被污染,含挥发物 ④原料中混入不相容材料	①延长原料干燥时间 ②疏通排气孔 ③更换原料 ④更换原料或调整配方
表面有疙瘩或料块	①原料混合塑化不均匀 ②过滤网太粗 ③原料混入不相容杂质 ④挤出温度太低,塑化不好	①延长原料混合时间 ②更换为较细过滤网 ③清除原料杂质或更换原料 ④适当提高挤出温度

表 6-8 硬聚氯乙烯板(片)材生产中异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
板面产生斑点,无光泽,产生龟裂(透明片不透明)	辊筒温度过低,产生龟裂是中辊温度过低	升高中辊温度
产生横向条纹并难以脱辊	辊筒温度过高	降低辊温
内应力过大	牵引速度比挤出速度高出太多	调节牵引速度
物料充不满整个宽度或形成的板材呈“搓衣板”状条纹	原料流动性差	原料中添加 3 ~ 5 份增塑剂,并加入适量碳酸钙
板材拉伸强度差,易裂	机头温度过低	升高机头温度
板内有小孔,挤出易分解	机头温度过高,原料配方中的稳定剂太少	降低机头温度,调整配方

表 6-9 代木 PVC 发泡板材生产中的异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
制品断裂	①机筒或机头温度偏低 ②模唇开度小 ③牵引速度太快	①适当升高机筒或机头温度 ②调节螺栓,增大开度 ③减小牵引速度
挤出方向有连续划伤	①模唇划伤 ②模唇内有杂质 ③压光辊表面划伤	①研磨表面 ②清理模唇 ③调换辊筒
表面有气泡	原料中有水分或有易挥发物质	对原料进行干燥
表面有黑色或变色条纹斑点	①机头温度高,物料分解 ②机头有死角,物料停滞分解 ③压光辊表面有析出物	①降低机头温度 ②清理机头 ③擦拭辊筒,检查配方
表面凹凸不平,光泽不好	①机头温度过低 ②压光辊表面不光洁 ③压光辊温度偏低 ④机头模唇流道太短 ⑤模唇表面不光洁 ⑥原料中含水分	①提高机头温度 ②调换辊筒或抛光 ③提高压光辊温度 ④增加模唇流道长度 ⑤重新研磨机头、模唇 ⑥干燥原料
冒料(物料像流水般从机头挤出)	①模唇温度太高 ②模唇开度过大 ③真空度过低 ④发泡(AC)剂用料过大	①降低模唇温度 ②减小模唇间隙 ③清理真空口和增加真空泵真空度 ④增加回收料量,减少发泡剂用料

(续)

异常现象	产生原因	解决方法
表面有纵向条纹	①模唇间隙太小 ②预冷辊间隙太小 ③预冷辊高度过低 ④预冷辊和机头距离太远 ⑤压光辊间隙太小	①增加模唇间隙 ②增加预冷辊间隙 ③升高预冷辊高度 ④减小预冷辊和机头距离 ⑤增加压光辊间隙
表面有螺纹痕	①螺杆温度太高 / 太低 ②螺杆转速过快 / 过慢 ③模唇和限流阀间隙不合适	①降低 / 提高螺杆温度 ②降低 / 提高螺杆转速 ③调整模唇和限流阀间隙
表面密度太高	①预冷辊和机头距离太近 ②预冷辊温度太低 ③螺杆转速不合适 ④物料发泡不好	①加大预冷辊和机头距离 ②提高预冷辊温度 ③调节螺杆转速 ④减少回收料用量或加大发泡(AC)剂用量

第7章 棒、丝、带、绳、网、条机头设计与试模调机

7.1 塑料棒材机头设计与试模调机

塑料棒材是最简单的实心制品，它的截面可为圆形、半圆形、矩形、三角形、菱形、T形、多角形、花形等。硬棒可通过二次加工成为各种机械零件。

挤出成型常用工程塑料有聚酰胺、聚甲醛、聚碳酸酯、ABS等，用它们加工成的机械零件可代替钢制件。常用通用塑料有聚氯乙烯、聚丙烯、聚乙烯和聚苯乙烯等，通用塑料挤出成型较容易，但结晶塑料易出现体积收缩，棒材中心容易产生空隙。棒材用设备与管材挤出成型设备基本相同，但机头和冷却定型模不一样。

7.1.1 棒材挤出成型机头设计

棒材机头和管材机头基本相同，没有太大差别，不同之处是没有芯棒，也不需要分流器，机头是实心的，料流阻力小。为了获得紧密的实心棒，必须采取措施，增加机头压力。

(1) 补偿式挤棒机头设计 补偿式挤棒机头如图 7-1 所示。

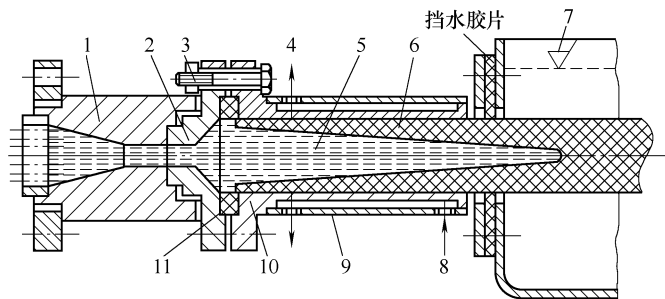


图 7-1 补偿式挤棒机头

1—机头体 2—口模 3—螺栓 4—出水口 5—熔体区 6—固化区
7—冷却水槽水位 8—进水口 9—外套 10—定型套 11—隔热垫圈

因为有中心熔融区，棒材中心在定型模内不能完全固化。由于不能固化的熔融料在冷却定型过程中会产生收缩，因此需要不断地补充熔融物料，才能阻止棒材中心产生空隙。棒材出了冷却定型模后再经过冷却水箱浸没强冷，棒材才能完全固化成型。这样，就要求定型模进口处熔融料的压力要尽可能高些，同时中心熔体区的角度还不能太小。因此，要想挤出中心无空隙的棒材，机头与冷却定型模要设计连接为一个整体，中间用隔热垫圈隔离热传导。机头内的熔料流道腔表面要光滑成流线型，流道内分压缩角段、平直段、出料口的扩张角段三部分。进料端的熔料压缩角为 $30^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ，压缩角段的长度为 $50 \sim 100\text{mm}$ 。定型部位口模

平直段的长度取 $(4 \sim 8)d$, d 为口模直径 (d 小时取大值, d 大时取小值)。一般口模直径和制品的外径相等 (当牵引制品的速度与熔料从口模挤出速度相等时)。机头出口处有一个锥形角度, 约为 45° , 这个扩张角与定型套相连, 并用隔热垫圈隔离传热, 以使成型的棒中心熔料区得到快速补料。定型套的外夹套内通循环水冷却。为提高冷却降温效果, 夹套内冷却水流道做成螺旋形。定型套内径尺寸要比制品外径略大些, 具体大多少应根据制品的收缩率决定。如挤出尼龙 PA1010 棒材时, 定型套的内径要比制品外径大 3.5%。为了提高生产效率, 可设计一个机头能一次挤出多根棒材。这时, 为了确保每根棒材挤出速度一致, 在每条棒材的流道上应加调节螺钉以阻流量。

(2) 直通式挤棒机头设计 图 7-2 所示为直通式挤棒机头。这种机头没有芯棒和分流器, 机头阻力小。为了得到实心而又密实的棒材, 必须加大机头的挤出压力, 使棒材从口模挤出进入定型模时的压力达到 12MPa。在设计中可采取以下措施。

1) 减少机头平直段长度, 以增加阻流作用和机头压力。一般取平直段直径为 16 ~ 25mm, 平直段长度为直径的 8 ~ 12 倍, 直径大时取小值。

2) 减小机头进口处的收缩角。收缩角一般为 $30^\circ \sim 40^\circ$, 收缩部分长度约为 50 ~ 100mm。

3) 机头出口处的扩张角一般为 45° , 这样有利于棒材中心区快速补料。出口处的直径与定型套直径大小相同。如果用同一台机器生产不同直径的棒材, 设计时只变动出口的喇叭口直径和平直部分直径就可以了。

棒材挤出机头设计主要参数有机头口模定型长度 L 、过渡角、收缩角。如果设计不当, 棒材成品尺寸和外观质量都会受到影响。

(3) 分流梭式挤棒机头设计 当挤出热敏性塑料, 如 PVC 棒材时, 可选用分流梭式挤棒机头, 如图 7-3 所示。这种机头结构类似挤管机头, 不同之处是用分流梭代替了分流支架和芯棒两个零件。它的优点是内部机头压力较大, 受热面积大, 流道内部容积小, 可防止熔料降解, 有利于热敏性 PVC 材料生产成型。它口模设计有调节螺栓, 可调节出口压力达到平稳均匀。

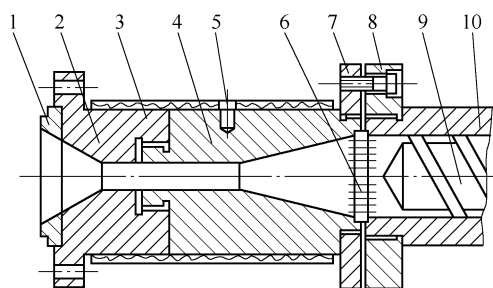


图 7-2 直通式挤棒机头

- 1—口模 2—机头扩大部分 3—加热圈
4—机头收缩部分 5—温度计插孔 6—过滤板
7—机头法兰 8—挤出机法兰
9—螺杆 10—料筒

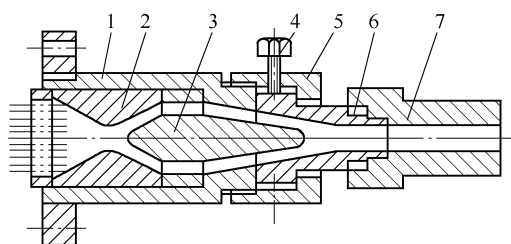


图 7-3 分流梭式挤棒机头

- 1—连接套 2—机头体 3—分流梭 4—调节螺钉
5—并紧螺母 6—口模 7—加长流道套

(4) 叠板式挤棒机头设计 在挤出非圆形棒材, 如方形棒材时, 须选用叠板式挤棒机头, 如图 7-4 所示。因挤出这类棒材时, 流道中心部位与周边棱角处流速相差很大, 挤出后

制品周边（四边）中心部位膨胀大，四角膨胀小，所以都采用有棱角的棒材机头设计。为得到所需断面形状，应根据流道长度、塑料制品品种、挤出温度、挤出压力进行口模设计。因为试模过程中要修模，且都是修口模，采用叠块式模板有利于修整口模。

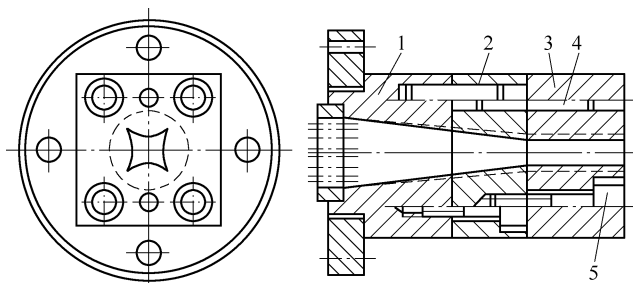


图 7-4 叠板式挤棒机头

1—机头体板 2—收敛板 3—口模板 4—圆柱销 5—紧固螺钉

(5) 发泡挤棒机头设计 中心发泡挤棒机头如图 7-5 所示。

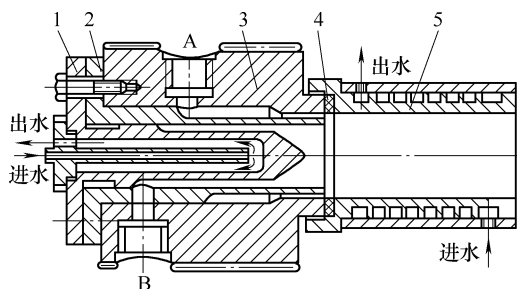


图 7-5 中心发泡挤棒机头

1—内芯 2—外芯 3—机头体 4—隔热垫圈 5—冷却定型套

在中心发泡挤棒机头中，有两种塑料挤入机头。在“A”端口挤入不发泡的塑料，在外芯模 2 与机头体 3 的作用下挤出管状料，并在冷却定型作用下成型。在“B”端口挤入发泡塑料，该料挤在内芯模 1 与外芯模 2 之间的管状流道中。脱离内芯模后的熔料迅速发泡将管状流道的中间充满，并与“A”端口的挤出料贴合，再经过冷却定型，就形成了中心发泡的塑料棒材。为使“B”种塑料不在机头体内发泡，内芯模中心部位要设置冷却控制系统。

(6) 塑料棒材机头设计要求

- 1) 机头平直部分的长度为 $(4 \sim 12)d$ ， d 为口模直径。直径小时取大值，直径大时取小值。
 - 2) 进口处的压缩角为 $30^\circ \sim 60^\circ$ ，压缩角段长度为 $50 \sim 100\text{mm}$ 。
 - 3) 流道出口处为喇叭形，便于棒材中心熔融区快速补料，出口扩张角为 45° 。
 - 4) 机头结构应尽量紧凑合理，装卸方便。
 - 5) 合理设计加热装置。
 - 6) 流道内呈流线型，光滑无死点或停滞区。
 - 7) 机头零件具有足够的强度和刚度。
 - 8) 机头与冷却定型模相连，中间用聚四氟乙烯隔热垫圈隔开，以阻止热传导。
- (7) 棒材冷却定型模与管材定型模的区别。

- 1) 棒材冷却定型模与挤出机头紧密相连，连接处要加隔热垫圈。
- 2) 棒材冷却定型模的夹层不设置抽真空装置，全部通冷水冷却。
- 3) 棒材冷却定型模的内腔直径稍大于棒材实际直径，大多少依收缩率而定。
- 4) 棒材冷却定型模应该长些，其长度要保证使棒材截面中心完全固化，并能承受中心熔融料未完全固化产生的内应力，防止膨胀变形以及开裂、溢料。
- 5) 严格控制棒材冷却定型模的进口与出口直径，出口直径要比进口直径大 0.5 ~ 1.0mm。不允许进口直径大于出口直径，如果这样棒材就挤不出来。
- 6) 为了有良好的传热效果，棒材定型模最好用铜材加工，而且定型模的内腔壁要非常光滑。

7.1.2 棒材挤出成型生产设备

(1) 棒材挤出成型生产线 HDPE 实心硬棒挤出成型生产线如图 7-6 所示，它由挤出机、机头、隔热垫圈、冷却定型套、冷却水槽、牵引机、切断装置、制品堆放架等组成。

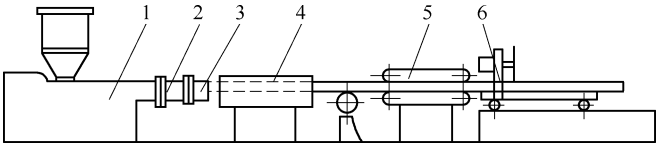


图 7-6 HDPE 实心硬棒挤出成型生产线

1—挤出机 2—成型模具 3—定型冷却装置 4—水槽 5—牵引机 6—切割机

(2) 挤出机（主机） 挤出机的大小主要根据棒材直径或截面积的大小选择，最好是挤出机直径小于棒材直径。用得较多的是 $\phi 45\text{mm}$ 、 $\phi 65\text{mm}$ 挤出机。如 $\phi 45\text{mm}$ 螺杆挤出机可以挤出直径为 30 ~ 120mm 的棒材。螺杆的结构要根据原料的不同来选取，如挤塑 PA1010、PA66、POM 时，要选用等距突变型螺杆结构，压缩比取 3 ~ 4；挤塑 ABS、PC、PPO、PSU 时，要选用等距渐变型螺杆结构，压缩比取 2.5 ~ 3.5，螺杆长径比为 20 ~ 30。不同塑料挤出棒材用螺杆结构及参数见表 7-1。在机头和螺杆出口处可设置多孔板（过滤板），并加 80 ~ 150 目的过滤网，若生产玻璃纤维增强塑棒时可不放置过滤板和过滤网。

表 7-1 不同塑料挤出棒材用螺杆结构及参数

名称	PA1010	PA66	ABS	PC	POM	PSU	PPO	氯化聚酯
螺杆	突变型	突变型	渐变型	渐变型	突变型	渐变型	渐变型	渐变型
压缩比	3	3.7	3	2.5 ~ 3	2.8 ~ 4	2.5 ~ 3.5	2.5 ~ 3.5	3.5 ~ 3.7

(3) 棒材成型机头 机头结构如图 7-1 ~ 图 7-5 所示。组装后形成的熔料流道空腔表面要光滑呈流线型，无死角滞流现象。流道分压缩角段、平直段、出料口的扩张角段三部分。

(4) 棒材冷却定型套

1) 冷却定型套尺寸。如图 7-1、7-5 所示，冷却定型套由夹套和定型套两部分组成，在夹套内通循环冷却水，夹套内冷却水呈螺旋形。定型套内径尺寸要比制品外径略大些，具体数值视原料的收缩率决定。不同塑料挤出成型棒材的收缩率见表 7-2。

表 7-2 不同塑料挤出成型棒材的收缩率

名称	PA1010	PA66	ABS	PC	POM	PPO	PSU	氯化聚酯
收缩率 (%)	2.5 ~ 5	3 ~ 6.5	1 ~ 2.5	1 ~ 2.5	2.5 ~ 4	3 ~ 5	1 ~ 2	1.5 ~ 3.5

定型套的内径尺寸要与机头平直段出口的扩张角大端一致，机头与冷却定型套连接处应用隔热垫圈隔开，如图 7-1 与图 7-5 所示。

为了保证塑料在通过水冷定型套后表面凝固定型，定型套的长度与直径要有一定的关系，通常棒材的直径越大定型套长度越短。聚酰胺 1010 尼龙棒材的定型套直径见表 7-3。

表 7-3 聚酰胺 1010 尼龙棒材的定型套直径 (单位: mm)

棒材公称直径	定型套长度	定型套直径	棒材实际直径
40	390	44	43
50	350	53.5	52.3
60	300	67	65
70	270	75.5	72.3
80	230	88	83.5
100	220	105	100
120	200	130	124

此外，定型套的孔径要稍大于塑料棒材所需的直径，以补偿塑料棒材自熔融状态冷却至室温时的体积收缩。根据试验数据，直径 40 ~ 120mm 的聚酰胺 1010 连续挤出棒材的收缩率为 2.5% ~ 3.0%。

2) 棒材冷却定型模与管材定型模的区别。

① 棒材的冷却定型模与挤出机头紧密相连，连接处要加隔热垫圈。

② 棒材冷却定型模的夹层不设置抽真空装置，全部通冷水冷却。

③ 棒材冷却定型模的内腔直径要稍大于棒材实际直径，大多少依收缩率而定。

④ 棒材冷却定型模应该长些，其长度要保证使棒材截面中心完全固化，并能承受中心熔融料未完全固化产生的内应力，以防止膨胀变形及开裂、溢料。

⑤ 严格控制棒材冷却定型模的进口与出口直径，出口直径要比进口直径大 0.5 ~ 1.0mm。不允许进口直径大于出口直径，如果这样棒材挤就不出来。

⑥ 为了有良好的传热效果，棒材定型模最好用铜材加工，而且定型模的内腔壁要非常光滑。

3) 绝热隔板的材料。在机头与冷却定型模之间安放绝热隔板（又叫隔热垫圈），主要是使机头与冷却定型模形成冷热分开面。否则机头和定型模直接连接，温度会在冷热模间直接传导，导致机头降温，熔融料挤不出口模；而冷却定型模又会升温导致棒材无法冷却定型，产生溢料。绝热隔板应采用含氟塑料，如聚四氟乙烯（PTFE）等。PTFE 耐高温、热导率小、不粘棒材，不影响棒材表面质量，缺点是硬度低，有蠕变现象，但可用调整夹持螺钉压力的办法弥补。但应注意温度高于 250℃ 时易变形损坏。PTFE 隔热垫圈与冷却定型套配合公差如图 7-7 所示。胶圈外径配合公差应为 $\pm 0.10\text{mm}$ ，胶圈内孔直径配合公差应控制在 -0.10mm 。有了隔热垫圈就可保证机头处的高温坯料顺利挤出，同时还可保证冷却定型模的低温，使棒材充分冷却。隔热板也可用石棉水泥板制作。

4) 定型套内壁表面粗糙度和斜度。内壁表面粗糙度原则上是越小越好，最好抛光镀铬，以最大限度减少棒材与定型套内壁的摩擦阻力。同时还要稍有斜度，让出口直径大于进口直径，其斜度一般取 75:1。冷却定型套材料最好用铜材（黄铜）制造，散热效果好。

(5) 制动装置 棒材生产的制动装置就是管材生产的牵引装置。由于此时牵引装置的牵引速度小于挤出速度，所以不起牵引作用，而是起阻止作用，实际就是制动装置。棒材挤

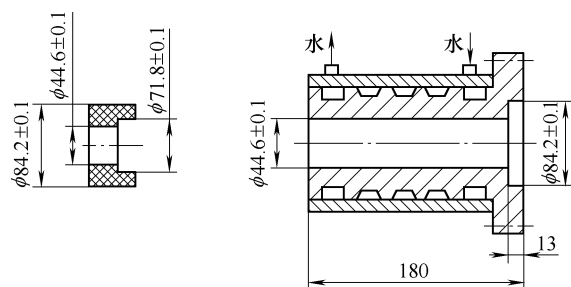


图 7-7 PTFE 隔热垫圈与冷却定型套配合公差

出在低速下进行, 速度只有 $0.01 \sim 0.5 \text{ m/min}$ 。制动装置选用履带式牵引机, 履带厚度为 $20 \sim 30 \text{ mm}$, 履带的张开度和夹紧力要能满足棒材直径和质量要求。对一模多根棒材, 为防止打滑, 可用橡胶辊上下平紧压, 并用弹簧螺纹夹紧方式夹紧棒材。不能夹得过紧, 否则阻力过大棒材挤不出口模, 会造成胀死在定型模腔内。也不能夹得太松, 阻力太小, 又会使棒材内部产生空隙, 熔料无补料压力就不密实, 所以要调到适到好处。制动装置还要有无级变速的传动系统。

(6) 支承托轮 让棒材继续冷却, 并托起棒材, 防止棒材因自重下垂而弯曲。

(7) 切断装置 切断棒材用的切断装置是由切断机来完成的。与切管机相同, 切断机上装有圆锯片, 但它的转速很慢。因速度太快会因摩擦产生热量使棒料熔化而粘锯片, 特别是尼龙类塑料。其结构与管材切割机相同。

7.1.3 棒材挤出成型试模调机

(1) 棒材生产工艺 原料中如果有水分, 挤出的棒材内部就会产生气泡, 形成大量的蜂窝状空隙。聚酰胺、聚碳酸酯等工程塑料必须进行干燥, 使含水量控制在 $0.03\% \sim 0.1\%$ 或更小。干燥塑料可用红外线干燥法、真空干燥法、循环空气干燥法等。物料经干燥后要立即使用, 否则会回潮。棒材的挤出温度一般控制在比熔化温度高 $20 \sim 30^\circ\text{C}$ 。挤出温度太高容易产生气泡, 温度过低塑料塑化不良, 棒材强度较差。特别是流动性能差的塑料, 在温度低的情况下棒材还会发生断裂现象, 有时甚至造成坯料损坏。机头的温度可以比机筒低一点, 约低 $10 \sim 20^\circ\text{C}$ 。低得太多会产生表面裂纹, 温度适当高一点可使棒材表面光滑。由挤出机挤出的熔融塑料进入机头, 再进入冷却定型套。熔体进入冷却定型套后, 表面接触冷定型套内壁, 温度急降表层固化, 同时棒材受挤出机的压力推动向前方均匀移动, 在冷却定型套内, 熔融塑料由表及里地冷却固化。而靠机头方向的棒材心部还未完全固化的熔融液态塑料熔体, 得到螺杆推挤压力的熔料补充压实, 继续前进, 从而形成实心圆棒材。在成型过程中, 棒材熔融状态下的锥体部分压力分两个方向: 一是轴向力, 它是推动棒材向前移动的力; 另一个是径向力, 它是冷却定型套内表面与棒材外径在移动过程产生的摩擦阻力。这两个力必须处于基本平衡范围内, 或者推力略大于径向摩擦阻力, 这样才能确保棒材以恒定的速度挤出。

(2) 挤出实心棒材的方法 其一, 首先应控制冷却定型模的水流量和温度, 使棒材缓慢冷却, 尤其是靠机头这一段不能冷却过快。为了放慢冷却速度, 可适当提高水的温度。其二是确定

合适的挤出压力，使熔体受到的压力和固化过程引起的收缩可以相互补偿，挤出机连续不停向棒材供应一定压力的熔融塑料，使中心尚未固化因收缩松散的棒料及时充实。也可利用对棒材不起牵引作用的压力的阻尼作用，把较大的压力加在冷却定型模内的棒材心部未能固化的熔体上，使其密实。由于棒材内外表面冷却不一致，棒材内部会产生残余应力。对 $\phi 60\text{mm}$ 以上棒材，因在冷却过程中产生的内应力较大，需要进行热处理，以消除内应力。此时可用放在水池、油池或空气中加热的方法，如尼龙棒可放在 100°C 的水中浸泡 $2\sim 4\text{h}$ ，也可在 $140\sim 160^{\circ}\text{C}$ 的油中浸泡 1h ，还可在 $80\sim 120^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中进行热处理，以消除内应力。

(3) 棒材挤出成型注意事项

- 1) 原料投入生产前要进行干燥处理，不同材料的干燥方法、时间、温度都不同。
- 2) 用大挤出机生产小棒材既浪费能源又增加生产成本。
- 3) 为了保证原材料的塑化质量，挤出成型棒材时机筒前与机头接口处要设置多孔板，在多孔板前还要设置 80 目过滤网 $2\sim 3$ 层，以挡住杂质进入机头。
- 4) 挤出成型不同截面形状制品时，要注意口模形状的选择。如果制品是正方形截面，则口模的出料口必须是  形，如图 7-4 所示。
- 5) 口模与冷却定型套连接处的两零件间必须加隔热垫圈，它对两零件间的温度控制及保持冷热界面非常重要。
- 6) 塑料棒材的挤出塑化成型温度应控制在比原料的熔融温度高 30°C 。温度过高制品会出现气泡，温度过低原料塑化不好成型困难。
- 7) 较大直径棒材成型后要及时进行热处理，以消除内应力。可用水或油浴加温，也可用烘箱，把制品放到 $100\sim 130^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中，恒温 $1\sim 4\text{h}$ ，然后随炉缓慢冷却到室温。聚酰胺棒材热处理方法是放在 100°C 水中浸泡 $3\sim 4\text{h}$ 。

常用工程塑料棒材挤出成型工艺条件见表 7-4。

表 7-4 常用工程塑料棒材挤出成型工艺条件

原料名称		PA1010	PA66	ABS	PC	POM	PPO	PSU
制品规格/mm		$\phi 60$	$\phi 60$	$\phi 90$	$\phi 60$	$\phi 60$	$\phi 30$	$\phi 30$
螺杆直径/mm		65	65	65	65	65	30	30
螺杆形状		突变型	突变型	渐变型	渐变型	突变型	渐变型	渐变型
机筒 温度/ $^{\circ}\text{C}$	加料段	250 ~ 270	280 ~ 300	150 ~ 170	240 ~ 260	140 ~ 160	235 ~ 255	260 ~ 280
	塑化段	275 ~ 285	295 ~ 315	170 ~ 180	260 ~ 280	160 ~ 180	260 ~ 280	280 ~ 290
	均化段	270 ~ 280	295 ~ 305	180 ~ 190	260 ~ 270	165 ~ 175	270 ~ 280	290 ~ 300
模具温度 / $^{\circ}\text{C}$	入料端	250 ± 5	295	180 ± 8	260 ± 8	165 ± 5	260 ± 8	285 ± 5
	中部	220 ± 5	285	170 ± 8	240 ± 5	165 ± 5	240 ± 8	250 ± 5
	出料端	205 ± 5	280	170 ± 5	220 ± 5	175 ± 5	210 ± 8	230 ± 5
定型套内径/mm		66	68	94	63	63.5	34.9	32
定型套温度/ $^{\circ}\text{C}$		75 ± 5	90 ± 5	55 ± 5	95 ± 5	110 ± 5	80 ± 5	85 ± 5
原料干燥处理	加热温度/ $^{\circ}\text{C}$	—	100 ~ 110	70 ~ 90	100 ~ 120	100 ~ 120	120 ~ 130	130 ~ 150
	含水量(%)	0.32	0.3	0.2	0.03	0.2	0.1	0.05
	干燥时间/h	2	6	3	5	2	4	3
螺杆转速/(r/min)		10.5	6 ~ 8	11 ~ 14	8	9.5 ~ 10	4 ~ 4.5	3.5 ~ 4
牵引速度/(mm/min)		44 ~ 50	35 ~ 30	22 ~ 25	30 ~ 35	25 ~ 35	15 ~ 16	18 ~ 20
热处理温度/ $^{\circ}\text{C}$		100 ± 5	100 ± 5	100 ± 5	135 ± 5	120 ± 5	130 ± 5	155 ± 5
生产率/(kg/h)		9 ~ 9.5	5 ~ 5.5	5.5	5.5 ~ 6	9.5 ~ 10	1	1.2
产品收缩率(%)		4 ~ 5	5 ~ 6.4	1.4	1.4	3	4	1.3

(4) 棒材生产过程中的异常现象、产生原因及解决方法 (见表 7-5)

表 7-5 棒材生产过程中的异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
中心空隙或气孔	①挤出温度偏低 ②定型模温度偏高 ③原料含水量过高 ④螺杆转速过快 ⑤制动装置未夹紧	①提高挤出温度 ②降低定型模温度 ③原料重新干燥 ④降低螺杆转速 ⑤夹紧制动装置
截面不圆	①挤出温度或定型模温度过低 ②螺杆转速慢 ③制动装置未夹紧	①调小冷却水量或提高机头温度 ②提高螺杆转速 ③夹紧制动装置
胀死或一节节的凹痕	①机头或定型模温度偏高 ②隔热片尺寸不当或变形损坏 ③制动夹得太紧 ④螺杆转速过快	①适当降低机头或定型模温度 ②更换隔热片 ③适当放松制动 ④适当降低螺杆转速
表面不光、有斑纹、熔接痕或裂纹	①原料水分含量高 ②机身或机头温度低 ③定型模温度偏低 ④制动太松 ⑤过滤网破裂,原料有杂质 ⑥定型模表面粗糙	①原料进一步干燥 ②适当提高机身或机头温度 ③提高定型模的温度 ④夹紧制动 ⑤清洗过滤网,更换原料 ⑥打磨抛光定型模
有挤出断料	①供料斗的下料口阻塞 ②机筒加料段温度高致料推不过 ③过滤网杂质多,被阻塞 ④机头温度过低,物料推不动	①疏通下料口 ②降低加料段温度或加大水冷却 ③清洗或更换过滤网 ④提高机头温度
表面脱皮,有黑色杂质	①原料有杂质或分解 ②机头温度过高,料分解 ③机头有死角,料停滞分解	①清理机头、机筒,适当调节温度 ②降低机头温度 ③清理机头并维修
弯曲变形	①口模和定型套温差过大 ②制品冷却定型降温不均匀 ③机头与辅机中心线偏离太多 ④制品冷却不充分引起后收缩	①检查隔热垫圈效果 ②改进达到冷却均匀 ③校正主机与辅机中心线在一条线上 ④在定型模内要充分冷却

7.1.4 聚氯乙烯结皮发泡棒材挤出成型

(1) 原料与配方 PVC 结皮发泡棒材的原料与配方 (质量份):

PVC (SG-6), 100; 稳定剂, 5 ~ 7; 润滑剂, 1 ~ 2; ACR, 4 ~ 6; AC 发泡剂, 0.3 ~ 0.5; 超细轻质碳酸钙, 5 ~ 10; 颜料, 适量。

(2) 生产设备和工艺流程 聚氯乙烯结皮发泡设备包括高速热混机、冷却搅拌机、单螺杆挤出机、冷却定型装置、牵引机、切割机和堆放架等, 其主要设备参数见表 7-6。

聚氯乙烯结皮发泡棒材的生产工艺流程: 配料→高速热混→冷混→挤出→发泡→冷却定型→牵引→定长切割→翻转堆料→检验→成品入库。PVC 结皮发泡棒材挤出成型生产线如图 7-8 所示。

表 7-6 生产 PVC 结皮发泡棒材的主要设备参数

设备名称及型号	参 数
PS-300K 高速热混机	容量 300L
PS-600K 冷却搅拌机	容量 600L
PS-65SJ 单螺杆挤出机	长径比 27 压缩比 3
机头与定型装置	塞卢卡法模具($\phi 10 \sim \phi 38\text{mm}$)
冷却水槽	2 段,每段长度 3.5m
自动切割机	锯轴转速 3180r/min
履带式牵引机	—
堆放架	长度 6m

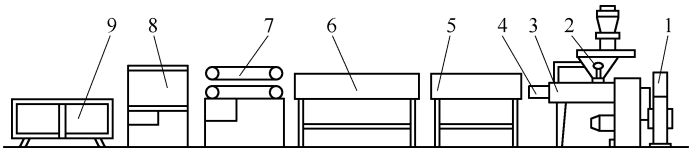


图 7-8 PVC 结皮发泡棒材的挤出成型生产线

1—螺杆温度调节装置 2—加料装置 3—挤出机
4—发泡机头及定型装置 5—第一冷却槽 6—第二冷却槽
7—牵引装置 8—切断装置 9—收集装置

(3) 生产工艺 聚氯乙烯结皮发泡棒材的挤出生产成型工艺条件要比生产普通棒材严格得多。结皮发泡制品挤出成型的关键是使发泡剂的分解、气泡核的形成、气泡核的膨胀和泡体的固化定型与 PVC 树脂的塑化及成型过程相适应。

1) 挤出温度的控制。把握好温度可使 AC 发泡剂的分解速度得以控制。在送料段为防止过早分解的发泡剂气体从加料斗逃逸，应使用较低的温度；在压缩段和计量段为使发泡剂发气量在挤出过程中增加，并均匀地溶在 PVC 熔体内，应采用较高的温度。随挤出温度升高，物料的黏度降低，使泡孔增大，发泡体的密度减小，尤其是在温度为 170 ~ 190℃ 时发泡率明显增加，制品密度显著降低，并且结皮层厚度减小。在口模处的温度控制应当低些，以防止发泡过渡，同时也可稳定机头内的压力平衡。

一般应将温度值为进料段 130 ~ 150℃，塑化段 160 ~ 170℃，均化段 170 ~ 180℃，机头 160 ~ 170℃，出口温度 155 ~ 165℃。

2) 挤出压力控制。PVC 挤出发泡棒材时，机头要保持一定压力才能保证料坯离模发泡。一般 PVC 结皮发泡棒材的挤出速度应控制在螺杆转速为 15 ~ 20r/min，其制品牵引速度控制在 1 ~ 2m/min。

3) 熔体的黏度控制。PVC 挤出发泡棒材时，熔体的黏度既受到 PVC 树脂和助剂规格品种、添加量的影响，又受到螺杆转速、挤出温度等工艺条件的影响。在发泡过程中，PVC 要在熔体中形成一定数量的气泡核和过饱和气体，才能得到结构细密、质量轻、泡孔均匀、表层为硬皮的发泡棒材。如果黏度大，气泡膨胀的速度下降，泡体的密度也大，这样在热处理中会引起二次发泡，表面质量就会变差。为了控制黏度可适当增加润滑剂的加入量。

(4) PVC 结皮发泡棒材的性能和用途 主要用于制造仿木家具，其性能要求如下。

- 1) 棒材密度为 $0.6 \sim 0.8 \text{ g/cm}^3$ 。
- 2) 弯曲试验不能有裂纹或断裂现象。
- 3) 加热 (120°C) 后无气泡、斑点、裂纹。
- 4) 简支梁冲击试验 (整体) 强度大于 18 kJ/m^2 。
- 5) 吃钉强度大于 180 N/mm 。
- 6) 燃烧性 (氧指数) 大于 40。

结皮发泡棒材的密度应控制在 $0.6 \sim 0.8 \text{ g/cm}^3$ 。发泡过度、结皮层过薄会使棒材密度过小,在制作家具中容易产生加热弯曲时塌陷,用螺钉固定时吃钉强度低的问题;密度过大,棒材抗冲击强度差,以后加工时难以弯曲和拧入螺钉。热处理后的状态和吃钉强度对棒材的以后加工影响很大。

7.2 合成纤维挤出成型

合成纤维与塑料单丝如同孪生姐妹,其差别有如下几个方面。

① 基本原料都是聚合物 (纤维工业称为“切片”),与塑料所用的树脂没有本质上的区别,产品上的区别仅仅是纤度不同,纤维产品比单丝更细一些。

② 从生产原理上说,都采用了挤出拉伸取向原理,不同之处仅是生产工艺参数的差异。合成纤维采用的原材料有聚对苯二甲酸乙二醇酯 (PET,其纤维俗称“涤纶”)、聚酰胺 (PA,其纤维俗称其“尼龙”)、聚乙烯 (PE,其纤维俗称“乙纶”)、聚丙烯 (PP,其纤维俗称“丙纶”)、聚氯乙烯 (PVC,其纤维俗称“氯纶”)等。合成纤维的生产成型温度相对较高,整个挤出机机筒上要有良好的保温隔热措施。同时,为了防止暴露在空气中的物料吸收水分,防止在熔融过程中物料的热氧化降解,一般在加料段使用干燥的氮气作为保护气。

③ 合成纤维挤出成型与塑料单丝挤出成型所使用的挤出机和机头基本相同,只是成型合成纤维的挤出机的保温、隔热要求严格,机头喷丝板孔的直径也稍小。其他辅机虽各不相同,但原理相似,都是采用挤出热拉伸取向。但由于成型合成纤维的辅机更复杂,要求更严格,制造难度、加工成本、设备费用也相应大得多。

④ 在工艺方面,合成纤维成型温度高,热拉伸比大得多,拉伸速度也大得多。

合成纤维主要用作服装布料 (化纤纺织布料以及用化纤短丝与棉、羊毛混纺布料)、软性装饰材料和工业产品。

图 7-9 所示为合成纤维挤出成型生产设备,在挤出机中经过熔融的聚合物通过过滤器进入歧管,然后被分配到各个纺丝腔。喷丝头组件中的精密齿轮泵使熔体从喷丝板中喷出,形成纤维,然后通过冷却系统进行冷却,上述过程称为挤出成型区,简称 I 区 (初生纤维区)。I 区的纤维随后进入纤维处理区 II 区,又可称为加工处理区。不同纤维的生产过程,其 I 区并没有多大区别,而到 II 区则存在明显的差异。

7.2.1 初生纤维区 (I 区) 生产设备及技术要点

(1) 混合及着色系统 纤维对颜色的均匀性要求非常严格,因此,各组分混合必须非常均匀。3DD 混合着色系统如图 7-10 所示。

在另一根小型螺杆中熔融的色母料通过安装在挤出机头部的计量齿轮泵打入动态混合器中。当各组分比例设定后,若有一个纺丝腔关闭,一整套的控制系统仍然可保证其各组分分配比的稳定。因此,纺丝挤出机不仅仅是一个熔融和泵出系统,而且还能够实现不同聚合物与所添加的稳定剂及抗静电剂等组分之间的混合、纤维着色等功能。

(2) 挤出机 一般选用螺杆直径为 90mm、120mm、150mm 的单螺杆挤出机,长径比为 24、30 等。有的生产线带有混合器,有的不带。

(3) 歧管 从挤出机出来的熔体通过歧管进入各个纺丝腔,并保证流入各个纺丝腔内的熔体性能完全相同。为了达到这一要求,必须使熔体从挤出机出口处流到各个纺丝腔相应位置所需时间完全相等,所有纺丝腔全上熔体的温度分开而又必须一致,而且可以调整。图 7-11 所示为两种不同的流道分布形式。

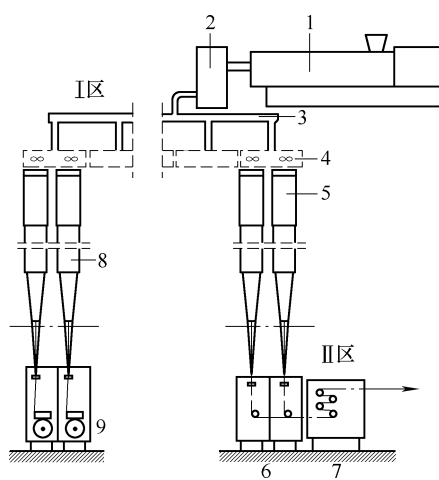


图 7-9 合成纤维挤出成型生产设备

- 1—挤出机 2—过滤器 3—歧管
4—带有熔体泵和喷丝板的喷丝头组件
5—冷却系统 6—偏转装置
7—牵引系统 8—助管 9—牵引机

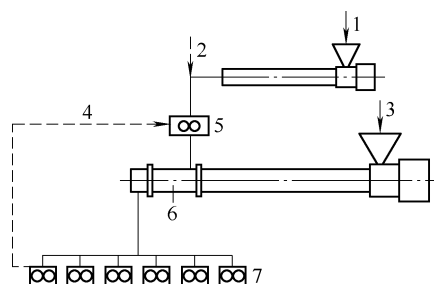


图 7-10 3DD 混合着色系统

- 1—颜料加入 2—颜料分散 3—主原料加入
4—喂料量控制系统 5—计量泵
6—3DD 熔体混合型挤出机 7—丝束

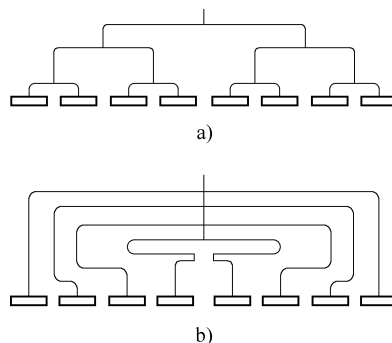


图 7-11 两种不同的流道分布形式

- a) 双分叉形式 b) 星形分布形式

这两种流道形式都能保证挤出机出口到纺丝腔流道长度完全相等。星形分布形式的优点是当一个或几个喷丝头关闭时,其余喷丝头中的熔体的停留时间仍保持一致。所以,一般更趋向于用星形结构的歧管。歧管的温度取决于所加工的树脂,如加工 PP 时为 230 ~ 250℃。加工 PA 和 PET 时,一般为 280 ~ 300℃。歧管同时还是一个压力容器,必须符合有关规定和标准。歧管是双层的,内层管中流动的是聚合物熔体,外层管中流动的是“导热姆”,又叫“换热剂”,是二苯及二苯氧化物的混合物。

(4) 喷丝头组件 喷丝头组件包括熔体泵和纺纱腔,其结构如图 7-12 所示。

可以看出,每个纺纱位包含四个纺纱腔,每个纺纱腔通过一个熔体泵供料,并形成一股纤维,每股纤维中又包含数根原丝。传动轴 3 通过斜齿轮 2 运转,联轴器 1 可随时切断泵的运转。

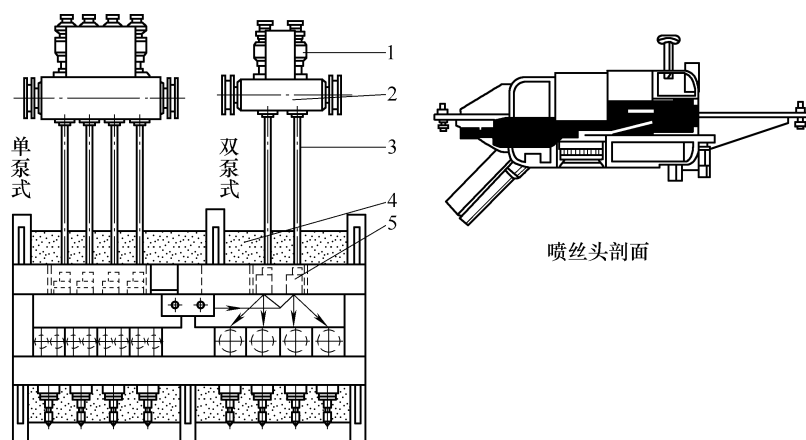


图 7-12 喷丝头组件的结构

1—联轴器 2—斜齿轮 3—传动轴 4—绝热层 5—齿轮泵

① 熔体泵。熔体泵实际就是齿轮泵，其结构如图 7-13 所示

从歧管出来的熔体沿着喷丝头内的流道进入熔体泵，泵将熔体以一定的速率送入纺纱腔，并最终挤出形成纤维。泵与泵之间的计量误差必须限制在 0.5% 之内。

熔体进入纺纱腔并从喷丝板挤出所需要的压力为 45MPa，而熔体在泵内入口处的压力只有 5MPa，所以由熔体泵可得到 40MPa 的增压。

② 喷丝机头。喷丝机头的结构如图 7-14 所示。

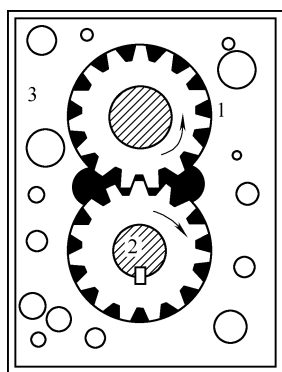


图 7-13 熔体泵的结构

1—进料口 2—驱动轮 3—排料口

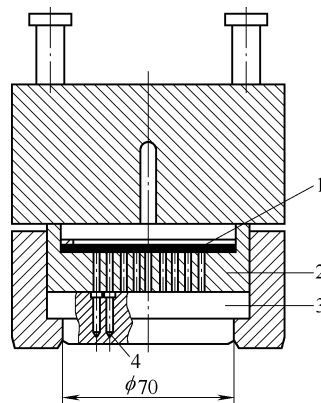


图 7-14 喷丝机头结构

1—过滤板 2—分流板 3—喷丝板 4—喷丝孔

从挤出机挤出的熔体经歧管分为与喷丝头数目所对应的几股相同的熔体流，每一股熔体流又要根据喷纱腔的数目进一步分流，在高压下进入喷纱腔。喷丝孔内表面质量要求非常高，而且其出口必须保证与喷丝板表面平齐。当发现喷丝孔有磨损时必须马上更换。

(5) 冷却装置 冷却的目的就是使纤维冷却固化并能够被拉伸。冷却系统的工作过程如图 7-15 所示。

冷空气通过过滤器包进入冷却室，冷却室前部敞开或装有可通气的门。喷丝板成型的纤

维在冷却室中被直接向下牵引并冷却。

为了保证每根纤维都能达到相同的冷却效果，要求冷却介质稳定且没有脉动。空气过滤器包或类似的装置可以保证空气压力的均匀分布。

冷空气的流量是靠限流阀来控制的，冷却室中冷却气流的速度一般为 $1 \sim 1.5 \text{ m/s}$ 。

对于服装纤维，其冷却长度为 $1 \sim 1.5 \text{ m}$ 。而对于工业纤维，冷却长度可达 2 m 。喷丝板表面与开始冷却的位置之间的距离为 $50 \sim 150 \text{ mm}$ 。

成型 PP 纤维，冷却空气的温度一般设置为 $13 \sim 18^\circ\text{C}$ ；成型 PA、PET 纤维时，冷却空气的温度大部分采用 $20 \sim 22^\circ\text{C}$ 。

(6) 加热系统 为了保证从挤出机出口到喷丝头之间所有熔体流经部件的温度均匀一致，先进的纺丝生产线均采用 Dowtherm 蒸气进行加热。当聚合物处于 $230 \sim 290^\circ\text{C}$ 的加工温度区时，只需对 Dowtherm 蒸气系统施加很小的压力就能完成均衡的加热；而当温度达 290°C 时，则需对系统施加 0.11 MPa 的压力；当加工温度低于 Dowtherm 蒸气的沸点时，Dowtherm 蒸气就会凝结，凝结所放出的热量能使整个系统温度保持均匀，所以 Dowtherm 蒸气系统需在负压下工作。Dowtherm 蒸气凝结后通过回流管进入 Dowtherm 锅炉。一条纺丝生产线的加热系统如图 7-16 所示。

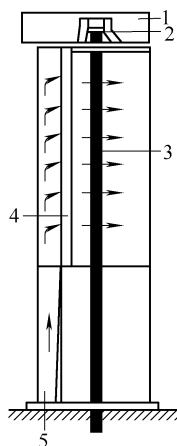


图 7-15 冷却系统的工作过程

1—喷丝头 2—喷丝板 3—纤维
4—过滤器包 5—空气入口

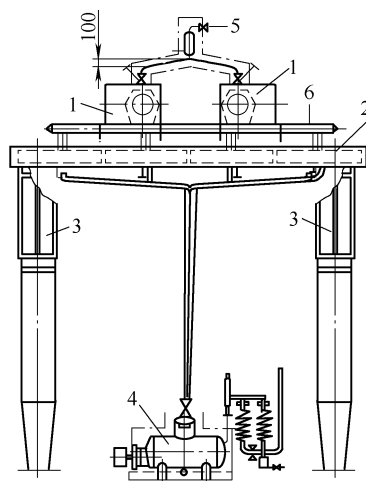


图 7-16 纺丝生产线的加热系统

1—挤出机 2—喷丝板 3—冷却系统 4—Dowtherm
蒸气锅炉 5—连接到真空泵 6—歧管

(7) 过滤器 熔体过滤器已经越来越多地应用于熔融纺丝挤出生产线中，配有中央过滤器的熔融纺丝挤出生产线如图 7-17 所示。在挤出机与歧管之间设置熔体过滤器的目的是排除凝胶料与杂质。过滤质量在很大程度上决定丝的质量或纺丝过程的可靠性。在加工 PET 和 PA 纤维时，一般使用孔径为 $20 \sim 30 \mu\text{m}$ 的较细的过滤器，过滤器的流量为 $200 \text{ kg}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ，过滤材料一般选用纱。过滤器的主要形式是过滤柱，其表面积一般为 $0.1 \sim 0.5 \text{ m}^2$ ，并采用 Dowtherm 蒸气加热，可实现不停机更换。

生产实践表明，纺纱腔的寿命在使用过滤器后可延长 $3 \sim 5$ 倍，并减少了断丝量，提高了生产效率。

7.2.2 纤维处理区(Ⅱ区)生产设备及技术要点

Ⅱ区(纤维处理区)又名加工处理区,由三类不同的设备组成。

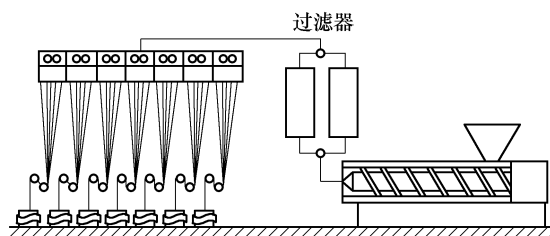


图 7-17 配有中央过滤器的熔融纺丝挤出生产线

- ① 初生纤维缠绕而成的纱筒或装丝桶。
- ② 初生纤维的在线牵引装置和卷绕装置。
- ③ 用于牵引并立即对初生纤维进一步处理的装置。

纤维从喷丝板挤出的速度远远低于纤维处理区的牵引速度。这表明,纤维在冷却的同时,拉伸倍数很高。生产实践证明,喷丝孔的面积与纤维横截面积之比为 100:1。

(1) 用于牵引和贮存初生纤维的装置

1) 带有导丝辊的纺丝生产线。该生产线有两种形式:长纤维和定长短纤维。不论是哪种类型的生产线,牵引速度都在 600 ~ 1800m/min。长纤维经过高速牵引后进入储丝装置;而短纤维经过高速牵引后送入卷曲器,卷曲后再经过定长(长度约为 30 ~ 80mm)裁断,便成了短切合成纤维,可与羊毛与棉花等天然纤维混纺成线。合成纤维被精确卷曲后,具有天然纤维类似的性质。

2) 预取向丝(POY)的生产。当纤维的牵引速度达到 3000m/min 或更高时,纤维的取向程度很高,此时的纤维称为预取向丝(POY)。丝的收卷速度因原料不同而不同;对 PET 为 3000 ~ 4000m/min,对 PA 为 4200 ~ 5500m/min。

即使经过预取向,POY 仍没有被完全拉伸。图 7-18 所示为 PET 纤维的生产率与牵引速度的关系。横坐标为牵引速度,纵坐标为牵引速度与拉伸倍数的乘积。以牵引速度为 3500m/min 制成的一个 PET 的 POY,此时产品的拉伸倍数应为 $5500 \div 3500 = 1.57$,经过拉伸后的纱线达到 100dtex (dtex 为 10000m 长的纤维束克数)。再将经过第一次拉伸的 POY 导向第二台拉伸机中进行拉伸。当牵引速度增加到 6000m/min 时,图 7-18 中的曲线就接近一条直线,拉伸曲率接近 1,丝束被完全拉伸,纱线达到 1dtex。在实际生产中 PET 纤维的牵引速度一般为 3000 ~ 4000m/min,PA 纤维的牵引速度可达 5000m/min 甚至更高。

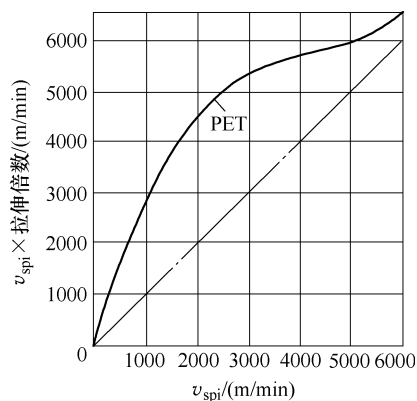


图 7-18 PET 纤维的生产率与牵引速度的关系

当丝束进入拉伸区后,由假捻装置自动捻成一股通过加热盘。在拉伸、捻和热的联合作用下,丝束发生了塑性变形,并通过热和假捻装置之间的冷却过程而固定下来。经过假捻的丝束由于其热固化过程而倾向于继续保持该状态。这种方法制得的丝经历了高倍的牵引。低拉伸倍数、低密度的丝通过一个二次加热区制得。在这个二次加热区中,拉伸的丝线可以得到部分松弛。

(2) 初生纤维的拉伸设备

1) 织物纤维的拉伸。如果要拉伸纱线,则纺丝拉伸设备就成为纤维处理过程中不可缺少的一部分。直接从纺丝机出来的八股纱线在第一个牵引辊上绕几圈后进入第二个牵引辊,并在其上绕几圈。第二个牵引辊的速度较高,并与纱线所经历的牵引成正比。在拉伸的同时,还在加热,第一个牵引辊的温度为 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$,第二个牵引辊的温度则为 $120 \sim 180^{\circ}\text{C}$ 。

由于对高速运转并加热纱线的牵伸过程要求非常高,因此,拉伸机也要保证非常精密。否则,辊之间几度的误差就可能在拉伸长丝的染色不均匀性上反映出来。

图 7-19 所示为 HS4 高速拉伸装置。纱线在第一个冷却辊上的包角为 180° ,然后进入一对牵引辊并在其上绕几圈。这对牵引辊为冷辊。为了使冷拉伸的收缩率达到预定值,在纱线卷绕前采用一个蒸气喷嘴对其进行热处理。

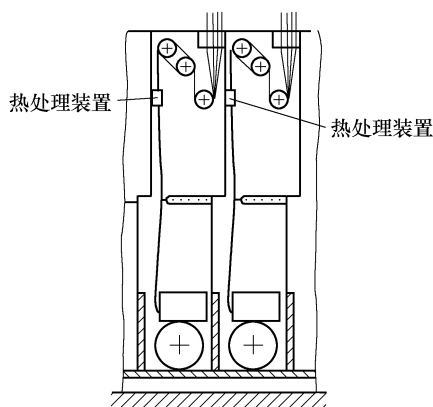


图 7-19 HS4 高速拉伸装置

2) 工业纤维的拉伸。工业纤维通常用作轮胎帘子线、输送带的骨架材料、安全带、缝纫线等。因此,要求工业纤维具有高强度和低伸长率。

图 7-20 所示为工业纤维拉伸设备。从纺丝机出来的纱线首先绕过一个小直径牵引辊,进入第一加热辊。在这两辊之间对纱线施加了一定的张紧力,从而保证了进入热辊的纱线不产生滑移。在第一和第二加热辊之间进行预拉伸。纱线在第二加热辊上绕几圈后在第二加热辊和另一个辊之间完成最后的牵伸过程。这一对辊筒的温度设定为 250°C 。

完成牵伸的纱线被送进一个转速较低的牵引辊以使其松弛。最后,纱线通过一个导向辊进入全自动的高速卷绕头。现在纺纱机中,广泛采用将挤出、牵伸、卷绕等工序设计成一体的机型。有些工业纤维要求收缩率很低,在 190°C 热空气中小于 3%,此时就得采用两步加工工艺。纱线首先以常用的 $400 \sim 1500\text{m}/\text{min}$ 的速度卷绕,然后再送入牵引系统中通过热牵伸使纱线达到所需要的强度和韧性,并绕成纱筒,收卷速度为 $200 \sim 400\text{m}/\text{min}$ 。此工艺过程可使纱线在热空气中的收缩率降至 3% 以下。

(3) 其他设备

1) 地毯长丝牵伸机。目前,地毯长丝牵伸设备的牵引速度已达 $2000 \sim 3000\text{m}/\text{min}$,而且还有上升的趋势。

2) 在线控制的挤出纤维生产线。定长短纤维生产线如图 7-21 所示。这条生产线长约 20m,是水平布置的 PP 定长短纤维生产机组。该生产线配有 16 个纺丝工位,从喷丝头挤出的丝经过一个短的冷却系统后依次进入第一和第二牵引装置,纤维的加热和牵伸均在这两个牵引系统之间进行。经过牵伸的纤维在一个卷曲箱卷曲后送入切割机,切成定长短纤维,再

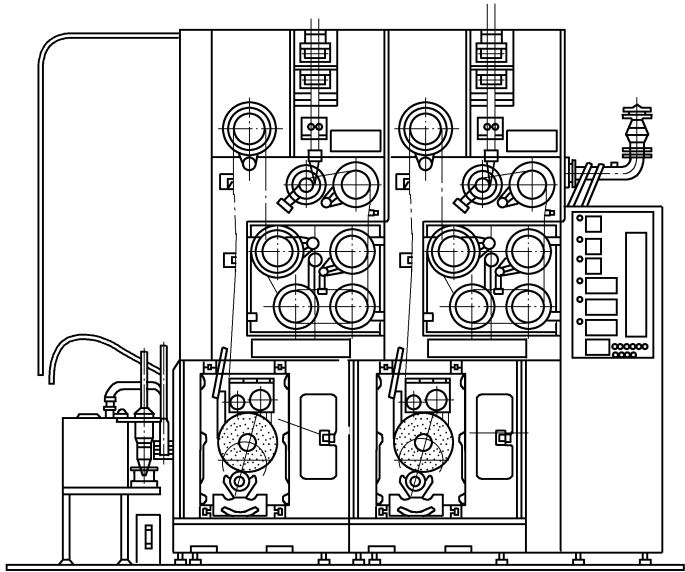


图 7-20 工业纤维拉伸设备

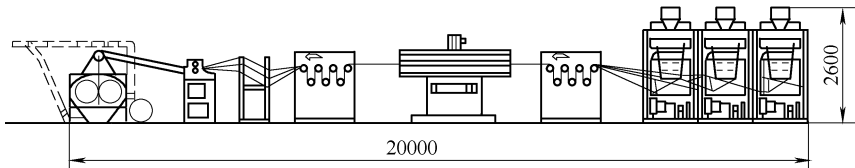


图 7-21 定长短纤维生产线

由鼓风机送入打包器。

该设备的牵引速度为 120m/min，每个纺丝工位由一块喷丝板供料，喷丝板的孔数最多可达 40000 个。这意味着一条 16 个纺丝工位的生产线有 640000 根纤维同时被纺丝、牵伸、卷曲和切割。

3) 卷绕头与导丝辊。在对卷绕有特别严格要求的情况下，当牵引速度高至 8000m/min 时，丝的类型从 10 ~ 1000dtex 都有，纱筒直径大于 500mm，每根轴上纱筒的重量超过 150kg，最多时每根轴上有 10 个纱筒。实际生产中，此卷绕系统的最高速度可达 6000m/min。

初生纤维束通过导丝辊进入装丝桶。导丝辊的速度最高可达 3500m/min，不过实际生产中用不了这么高的速度。

4) 卷曲机。经过牵引机后，丝束进入卷曲机。卷曲机结构如图 7-22 所示

一些纱线通过合股而结合起来，在气压夹辊作用下，由辊隙进入卷曲机。气压夹辊后面是卷曲箱，其出口处被一个可调的搭盖所封闭。这样，纤维在搭盖的阻力和壁面摩擦力作用

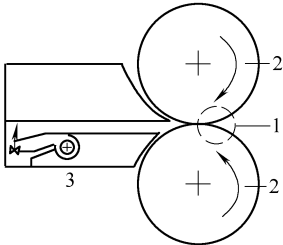


图 7-22 卷曲机的结构
1—丝进入 2—气压夹辊
3—卷曲箱

下,在卷曲箱内形成高压。作用于每根纤维的轴向力使其弯曲成小折段,一般 10mm 长度上有 10 个折点。

卷曲机的技术参数:最大牵引速度可达 350m/min,可加工的最大丝束为 $200 \times 10^4 \text{ dtex}$,驱动功率为 36kW,卷曲箱宽度为 300mm,气压辊直径为 200mm,卷曲纤维的热处理通常是将蒸气引入卷曲箱内进行。

5) 加热辊。纤维一般要通过热辊加热后才能进行牵伸,这就要求加热温度应有一定的均匀性。温度均匀分布的辊筒剖面结构如图 7-23 所示。

工艺要求在辊筒工作部分全长范围内温度分布应控制在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。传感器在靠近表面处安置,并通过辊轴连接到温度控制系统,从旋转轴到控制系统信号通过无触点变送器有效地传递。长度为 300mm 的辊筒,其加热功率为 14kW,最高温度为 250°C ,最大速度为 6000m/min。

6) 纱线涂油。纺纱时所涂的油是纯油或油与水的混合乳剂,它可赋予纤维一定的黏合力,消除静电,并使纤维具有良好的滑动性。

7) 织物喷嘴。在生产卷曲纤维的工艺中,卷曲机和箱式的卷曲装置不能在 2000~3000m/min 的高速下使用,这时必须使用织物喷嘴,其结构如图 7-24 所示。进入织物室的纤维在热空气或蒸气的作用下进入喷嘴,在填塞箱中形成料塞。热空气或蒸气沿径向进入填塞箱后再从排气管中排出。填塞箱中形成的料塞可通过可以调速的输送轮移动。通过以下三个参数可以精确地设定所希望的卷曲度。

- ① 空气或蒸气的温度。
- ② 空气或蒸气的压力。
- ③ 输送轮的转速。

冷却牵引辊筒上的料塞拆散后,由一个冷却辊导引着纱线进入卷绕或切割机。牵引辊的速度大约比纱线进入织物室的速度低 2.5%,这是因卷曲引起纱线的收缩造成的。

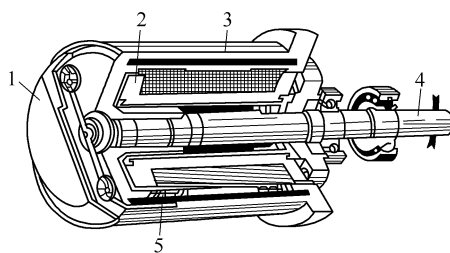


图 7-23 温度均匀分布的辊筒剖面结构

1—端盖 2—线圈载体 3—辊子
4—轴 5—温度传感器

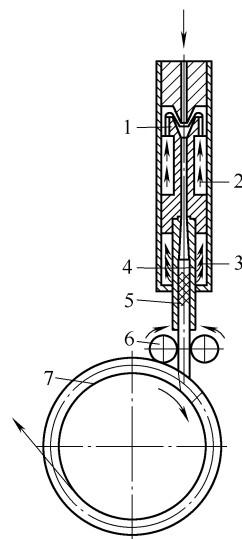


图 7-24 织物喷嘴结构

1—喷嘴 2—空气入口
3—空气出口 4—卷曲箱
5—料塞形成 6—输送轮
7—冷却辊筒

7.3 单丝机头设计与试模调机

塑料单丝是用挤出法生产的一种塑料制品,其横截面积为圆形实心结构,它的主要原料有聚乙烯、聚丙烯、聚氯乙烯、聚偏二氯乙烯、聚酰胺等。塑料单丝具有强度高、质量轻、耐磨性和化学稳定性好、不容易腐融、弹性好、易染色、低温时的柔韧性好、在水中长泡不影响强度的特点,主要用作作纺织物和绳索,可代替棉、麻和细钢丝等材料。如聚氯乙烯单丝可编织窗纱布、滤布、防蛀网、绳索、刷子等;聚乙烯单丝可编织渔网和缆绳,这种单丝组织的渔网强度好,轻而无味,不吸水又耐腐蚀,还可制成与海水一致的颜色,提高捕鱼产

量。聚丙烯主要用作编织袋。聚酰胺也可制作网、绳索,因其无毒、耐磨损,还可制作牙刷、洗涤刷、过滤网、蚊帐、丝袜等。

7.3.1 单丝挤出成型原理及生产设备

按生产原料不同,单丝挤出成型生产设备有多种结构布置方式。一般聚乙烯单丝生产设备由挤出机、机头、冷却水箱、第一拉伸牵引装置、热拉伸水槽、第二拉伸牵引装置、热处理水槽、第三拉伸牵引装置、卷取机等组成,如图7-25所示。

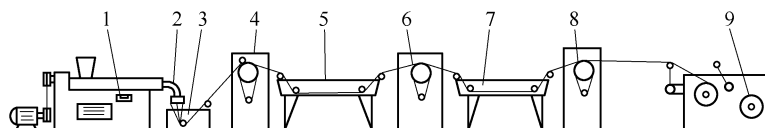


图 7-25 聚乙烯单丝生产设备

1—挤出机 2—机头 3—冷却水箱 4—第一拉伸牵引装置 5—热拉伸水槽
6—第二拉伸牵引装置 7—热处理水槽 8—第三拉伸牵引装置 9—卷取机

图7-26所示为聚乙烯单丝用烘箱热处理挤出成型生产线。

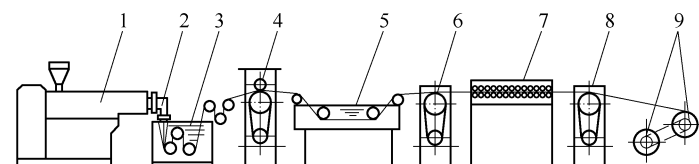


图 7-26 聚乙烯单丝用烘箱热处理挤出成型生产线

1—挤出机 2—机头 3—水槽 4—牵伸装置 5—热水槽
6—第二牵伸装置 7—烘箱 8—牵引机 9—收卷装置

图7-27所示为聚丙烯单丝挤出成型生产线。

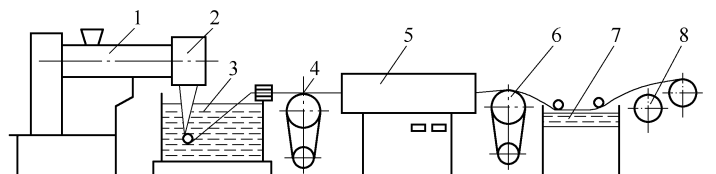


图 7-27 聚丙烯单丝挤出成型生产线

1—挤出机 2—机头 3—水槽 4—牵伸装置 5—烘箱
6—第二牵伸装置 7—热水槽 8—收卷装置

图7-28所示为聚氯乙烯单丝水平挤出成型生产线。

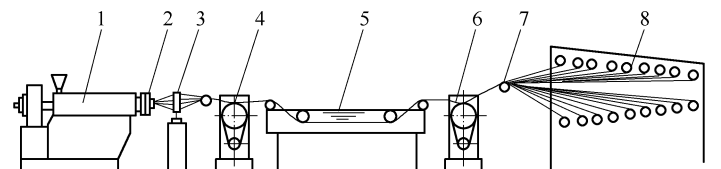


图 7-28 聚氯乙烯单丝水平挤出成型生产线

1—挤出机 2—机头 3—分丝板 4—牵伸装置 5—热水槽
6—第二牵伸装置 7—分丝导辊 8—收卷装置

(1) 塑料单丝挤出成型原理和特性

① 塑料材料挤出。塑料材料经挤出塑化后，以一定的速度和压力进入成型机头，熔体再从机头挤出成料坯，然后拉伸入水箱冷却固化。

② 单向拉伸。冷却定型后的塑料丝在高弹性状态进行单向拉伸，被不断拉长拉细，取向度进一步提高，成为机械强度高的单向拉伸制品。

③ 热处理（定型处理）。经过单向拉伸后的制品收缩率和内应力都较大，可用定型处理的方法尽量减小拉伸制品的收缩率和内应力，同时还可提高其耐热性能。

为了不破坏单丝的取向结构，单丝的热处理过程必须在胀紧的状态下进行。对结晶型的聚合物的定型处理温度要保持在达峰时的最高温度附近，可使拉伸制品中的结晶度大幅提高，强度也大幅提高。相对分子质量分布比较窄的高分子材料拉伸丝较容易，拉伸后的机械强度也较高。

塑料单丝由于具有取向方向的机械强度高，同时还具有无毒、耐水、耐化学腐蚀、容易染色、强度高、化学稳定性好的特点，被广泛用于纺织物和绳索生产。如 PVC 单丝可织成窗纱、滤布、绳索、刷子等；PE 单丝可织渔网和缆绳；PP 扁丝是编织袋的好材料；PA 丝用于制作尼龙刷、纺织丝袜、蚊帐等。无论是单丝或扁丝，其成型原理相同，又都采用加热拉伸技术，可以提高纵向拉伸强度，在日常生活中随处可见。

(2) 单丝挤出成型生产设备

1) 挤出机。一般选用 SJ-45 或 SJ-65 挤出机。聚乙烯选用计量型结构，螺杆长径比为 25~30，压缩比为 3~4，内设过滤板和过滤网，过滤网为 3~4 层，如 80/40/80 目；聚丙烯选用等距突变型螺杆结构，长径比 $L/D=25\sim30$ ，压缩比为 4~4.5，过滤网为 3~4 层，如 40/80/40/80 目；聚氯乙烯选用等距渐变型螺杆，长径比为 20~25，过滤网 1~3 层，聚氯乙烯单丝不需要冷却水箱，可在空气中自然冷却，在热水中牵伸；聚酰胺选用等距突变型螺杆，长径比为 25~30，螺槽深度要比 PE、PP 浅些，过滤网为两层 40/120 目。

2) 单丝挤出机头和喷丝板。在 7.3.2 节中将详细介绍。

3) 冷却水箱。从喷丝板出来的单丝温度很高，如聚乙烯塑料丝出模温度达 300℃ 左右。冷却水箱的作用是把从模中挤出已经成丝的熔料冷却定型，防止单丝相互粘接。冷却水箱是由不锈钢板焊接组合成型，水箱内装有引丝运行导辊（三个导轮），其结构如图 7-29 所示。水槽内水温控制在 20~50℃ 可调状态。冷却水液面距机头喷丝板孔口在 20~50mm 可调状态。距离过大，单丝易氧化而降低强度。冷却水的温度应控制在 20~50℃，并可按需要调节温度高低。水温太高单丝强度下降，水温过低，单丝内部产生空洞。水箱一般做成长 1~2m、宽 0.5~0.8m、深 0.8~1.0m，其尺寸应保证单丝在水箱内通过的长度在 1m 以上。水量足，单丝在水中冷却时间充分，才能带走热量。

水箱的三个滑轮固定在同一架子上，可以同时升降便于调节操作。冷却水箱有蒸汽管，在冬天开机时可以加热，用来调节水箱的水温。溢流管用于调节水位高低，控制水面高度。

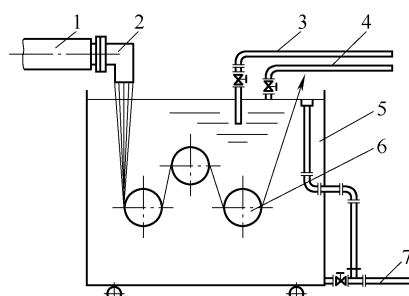


图 7-29 冷却水箱结构

1—挤出机 2—成型模具 3—加热蒸汽管
4—冷水管 5—水槽 6—导辊 7—排水管

排水管用于排热水（在温度偏高时用）。单丝出水面后的水分用海绵或真空头吸走，基本脱水后进入下面的加热工序。

4) 压丝杠。压丝杠是一组光洁平整、表面镀有硬铬层的钢辊，分别安装在拉伸加热水箱的进出口端。水箱进口端的压丝杠对拉伸丝坯加压，以利于丝坯的拉伸和排列。水箱出口端的压丝杠实际是个转动的导辊。水箱前后的压丝杠还对进入水箱中的丝浸入水中的深度位置起固定作用，使丝的拉伸质量比较稳定。

5) 干燥装置。当单丝从冷却水中出来后，需要经过干燥才能进入热风烘箱中加热。为保证单丝的表面质量和粗细均匀性，必须清除单丝中的水分。单丝携带的水分可用海绵或转向棒（压丝杠）擦除，剩余的水分可设置真空头去除，也可以用热风或合适的吹风头蒸发残余水分。

6) 牵引拉伸装置。经冷却定型的单丝较粗，需用水或烘箱加热，它适用于 PE、PVC、PA 等；也可用热烘道（干法需要牵伸，其中包括加热和牵伸两部分）。加热装置一般有以下几种。

① 加热水箱。长为 2~3m，宽为 0.8m，用水蒸气或电加热棒加热，加热温度为 100℃，适用于 PE、PA 等圆形单丝。用水箱加热成本低，温度恒定，加热均匀，操作方便。对冷却定型的丝坯重新加热后进行拉伸，可使其分子链重新排列成与长度方向一致的有序结构，提高制品丝的工作强度。拉伸方法是把丝坯加热至低于其熔融温度（一般用 100℃ 的沸水就可以），依靠前后牵引辊的速度差把丝坯拉伸至成品要求的规格。通常采用 2~3 组牵引辊，配合热拉伸水箱使用。每组牵引辊速各不相同，通过 2~3 次拉伸，可提高单丝的强度。单丝在水箱中要有一定的停滞时间。若水箱大短，单丝拉伸不足，则达不到拉伸倍数。

② 热烘道加热装置。它的长度为 2.5~5.0m，宽度为 0.5~1.0m，采用双循环空气流动系统运行，一半空气在热烘道上部流动，另一半在下部流动。在单丝入口端处两股气流分别从上部 and 下部以 20m/s 速度接触单丝，吹风角度为 30~40°。热烘道温度由开环装置检测控制，最高温度可达 300℃。干法加热装置成本高，主要用在热拉伸要求温度较高和拉伸倍数要求大的场合，如 PP 单丝拉伸温度为 150~160℃。

③ 辊筒加热装置。由 3~5 排加热辊筒组成。辊筒用油或电加热棒加热，较粗的单丝绕在辊筒上，通过热辊对单丝加热。

7) 拉伸装置。拉伸辊筒有 2~3 组，每一组包括上、下 2~5 个直径为 200~330mm 的空心钢筒，辊筒的长度为 450~1050mm。为防止单丝打滑，可用橡胶辊作上辊，或将单丝在钢辊筒上绕 5~10 圈。

为了使缠绕在辊筒上的单丝均匀排列，不发生缠结现象，上辊中心线应与挤出机中心线垂直；下辊中心线与上辊中心线应有一定的角度，一般为 6°~12°，否则易发生并丝现象，拉丝操作难以进行。拉伸辊筒一般用换向器电动机实现无级调速。第二组拉伸辊筒与第一组拉伸辊筒的线速度之比就是拉伸倍数（又称拉伸比）。拉伸辊分别用电动机驱动，分别调速，并且要经常对其运转速度进行调整。

8) 热处理设备。为保证单丝的尺寸稳定，不发生明显的后收缩，并消除内应力，需对单丝进行热处理。热处理的方法与热牵伸相同，也可以用干法或湿法进行热处理。热处理可消除丝在强制拉伸过程中产生的内应力，消除后收缩。单丝经过热处理后再收卷，就可避免单丝在卷筒中因内应力收缩而相互嵌入，造成以后无法倒丝，甚至引起卷取筒变形或产生裂

缝。未经热处理的单丝即使立即织成网、布等制品，在存放和使用过程中，也会因单丝受热仍发生回缩，造成制品不稳定。有些单丝经过热处理后还可提高耐热性。

如图 7-25 ~ 图 7-28 所示，单丝生产首先是挤出粗丝，然后进入冷却水箱冷却定型，再进入热水箱加热，同时进行拉伸。拉伸倍数根据树脂不同而不同，一般为 3 ~ 10 倍。它是通过第二牵引辊比第一牵引辊快 3 ~ 10 倍来实现的。热处理箱（或热水箱）对单丝进行热处理，热处理导丝辊比第二牵引辊线速度慢 2% ~ 5%，这样可以让单丝热收缩，使单丝中的大分子发生链段松弛，然后再卷取在收卷筒上。

9) 卷取装置。成品丝的收卷一般都是缠绕成卷。卷取方法有单卷取，也有把几根丝合股卷在一起。为了得到张力均衡的丝卷，卷取装置应使用力矩电动机驱动，以保证卷取速度和卷取张力恒定。

7.3.2 单丝挤出成型机头设计

图 7-30 所示为直通单丝机头结构。图 7-31 所示为直角式单丝机头结构，它主要用于聚氯乙烯单丝挤出成型生产。这种直角式单丝机头的主流道（进胶口）直径逐渐缩小，利于产生压力将塑料压实，一般取 $D/d = 2 \sim 4$ 为进胶口大端直径， d 为主流道直径。在主流道的最末端还设计了一个“瘦颈”，它可对料流再次形成一个新的阻力，最后使熔料被均匀地输送到喷丝板。设计瘦颈的目的是使喷丝板上的各处熔料压力均匀，流量稳定，减少机头内存料及物料分解的可能，同时也可减少清理机头中废料的工作量。

分流器处流道的截面积应大于喷丝板孔面积之和。喷丝板结构如图 7-31 所示。机头内流道收缩角一般取 30° ，分流器扩张角取 $30^\circ \sim 50^\circ$ 。在喷丝板表面的同一圆周上均布许多喷丝孔，孔径大小主要根据成品直径与牵引比确定。通常高压聚乙烯牵引比为 6，低压聚乙烯牵引比为 8 ~ 10，聚氯乙烯牵引比为 2.5，孔的长径比为 4 ~ 10。单丝直径与喷丝板孔径关系见表 7-7。

由于挤出机头丝孔直径很小，又受分丝机限制，一般不用大型挤出机，常用 $\phi 35 \sim \phi 65 \text{ mm}$ 的挤出机。生产单丝的挤出机都要安装多孔板和过滤网，以防止杂质堵塞喷丝小孔。喷丝板的孔径加工精度非常高，孔径误差为 0.001 mm 。

图 7-31 所示为直角式单丝机头结构。以下我们以生产聚乙烯单丝的技术参数对机头及喷丝板进行介绍。

模具熔料入口处锥角 $D: d \approx 2 \sim 4$ ，分流锥角为 50° ，多孔板前加三层 40/80/40 目过滤网。机头口模是成型丝条的板，又叫喷丝板。目前普遍用不锈钢调质钢制造，精加工后可以不再进行热处理，以提高其孔径工作面的硬度、耐磨度，降低其表面粗糙度。

图 7-31 所示的喷丝板上的成型丝用孔径常用值有 0.8mm、0.9mm、1.0mm，孔径长度与直径之比为 $L/D = 4 \sim 10$ ，入料端锥孔斜角为 20° 。喷丝板精加工后，要求成型丝孔尺寸一致，各孔中心线距离相等，孔径内表面应光洁平整、无划痕、无毛刺、无滞料现象。

喷丝板（又叫口模）的孔数一般设定为 12 ~ 60，孔数过多，分丝机构过于庞大。对不

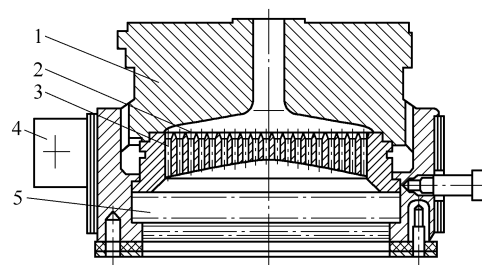


图 7-30 直通单丝机头结构

1—机头体 2—熔体过滤器 3—支承隔板
4—加热带 5—喷丝板

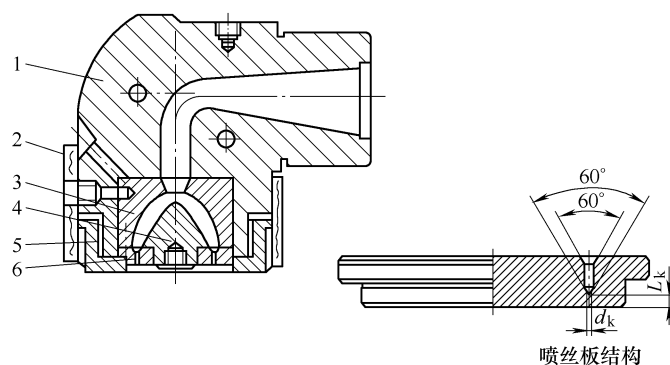


图 7-31 直角式单丝机头结构

1—机头体 2—加热圈 3—接套 4—分流器 5—螺母 6—口模

需分丝的绳索可增加孔数为 100 以上。从喷丝板出来的单丝温度很高，聚乙烯可达 300℃。为防止单丝粘连，必须立即将高温的单丝浸入水中迅速冷却。只有表面冷却固化后，才能合并成束。为保证冷却良好，水箱必须具备可调节水面高度和水温的设施。

常用单丝原料是 PE、PVC、PP、PA。单丝直径与喷丝板孔径的关系见表 7-7。

表 7-7 单丝直径与喷丝板孔径关系

单丝直径/mm	喷丝板孔径/mm			
	LDPE	HDPE	PVC	
	拉伸倍数			
	6	8 ~ 10	2.5	6
0.2	0.5	0.8	0.3	0.5
0.3	0.8	1.1	0.5	0.8
0.4	1.1	1.2	0.6	1.1
0.5	1.2	1.7	0.8	1.2
0.6	1.5	2.0	1.0	1.5
0.7	1.7	2.3	1.1	1.7

7.3.3 单丝挤出成型试模调机

单丝生产首先是挤出粗丝，然后进入冷却水箱冷却定径，再进入热水箱加热，同时进行拉伸。拉伸倍数根据树脂不同而不同，一般为 3 ~ 10 倍。它是通过第二牵引辊比第一牵引辊快 3 ~ 10 倍来实现的。热处理箱（或水箱）对单丝进行热处理，热处理导丝辊比第二牵引辊慢 2% ~ 5%，这样可以让单丝进行热收缩，然后再卷取在收卷筒上。

(1) 高密度聚乙烯单丝生产工艺 原料必须采用拉丝专用料，挤出机的五段温度分别控制为 180℃、250℃、280℃、310℃、305℃，连接器温度为 300 ~ 310℃，口模温度为 295 ~ 305℃，冷却水面距喷丝板距离一般控制在 15 ~ 30mm。水面太低，单丝易粘接，断头多；水面太高单丝操作困难。单丝冷却水箱温度控制在 25 ~ 35℃，单丝出机头的温度在 300℃ 以上。单丝快速冷却则球晶尺寸小，结晶度低，有利于下面的拉伸；冷却水温过高，球晶尺寸大，结晶度高，在拉伸中易断头。拉伸倍数为 9 ~ 10 倍。如拉伸倍数太高，断裂伸长率下降，单丝易断头。单丝热处理一般采用热水箱，热水箱的温度为 98 ~ 100℃。热处理辊的线速度比最后牵引辊的线速度慢 2% ~ 4%，通常为 160 ~ 162m/min。

(2) **聚丙烯单丝生产工艺** 普通 PP 单丝由于耐酸碱、吸水性小、密度小、耐磨性强、耐热性和电绝缘性好,所以用途广泛。原料选用等规度较高的拉丝级专用树脂,挤出机选用 $\phi 45\text{mm}$ 和 $\phi 65\text{mm}$ 挤出机,螺杆长径比 $L/D = (25 \sim 30)$,螺杆的压缩比为 $4.0 \sim 4.5$ 。过滤网为 $3 \sim 5$ 层组合,3 层组合为 $40/80/40$ 目,5 层组合为 $40/80/40/80/40$ 目。挤出机的五段温度分别为 $180 \sim 200^\circ\text{C}$ 、 $200 \sim 230^\circ\text{C}$ 、 $230 \sim 260^\circ\text{C}$ 、 $260 \sim 300^\circ\text{C}$ 、 $300 \sim 310^\circ\text{C}$ 。机筒与机头连接段加热温度为 $300 \sim 310^\circ\text{C}$,机头口模温度为 $295 \sim 305^\circ\text{C}$ 。机头选用直角式机头结构。喷丝孔的长径比为 $4 \sim 6$,包角可小些。包角为 20° 时,单丝在机头喷丝板处不易产生熔融断丝,单丝质量好。机头设计时还要考虑机头流道型腔与口模出胶型腔的压缩比应达到 $3 \sim 5$,这样才能满足抽丝压力的需要。水面至喷丝板的距离为 $15 \sim 50\text{mm}$,冷却水箱的温度控制在 $20 \sim 50^\circ\text{C}$ 为宜。PP 在拉伸过程中会出现“细颈”,即拉伸点。控制好固定的拉伸点位置很重要,一般 PP 拉伸倍数应为 $8 \sim 10$ 。在低于熔点 $20 \sim 40^\circ\text{C}$ 时进行热拉伸。聚丙烯的熔融温度较高,必须进行干法拉伸,拉伸温度为 $100 \sim 140^\circ\text{C}$,辊筒牵引拉伸倍数为 $8 \sim 10$,但单丝的圆度不好,辊筒表面温度达到 $120 \sim 140^\circ\text{C}$ 。辊筒牵引拉伸倍数为 $8 \sim 10$,烘道内温度可达 $140 \sim 160^\circ\text{C}$,单丝强度较高。PP 单丝热处理温度一般为 100°C ,可用第三组(最后一组)热辊筒减速进行热收缩。

(3) **聚酰胺(尼龙)单丝生产工艺** 尼龙单丝具有很高的强度、耐磨性和良好的韧性、化学稳定性,且无毒,是制作牙刷、缆绳、钓鱼线、网袋、纺织物品、蚊帐等生产生活用品的良好材料。挤出机一般选用 $\phi 45\text{mm}$ 和 $\phi 65\text{mm}$ 挤出机,螺杆的长径比 $L/D = (25 \sim 28)$,螺杆的压缩比为 $4.0 \sim 4.5$,过滤网要细些(40 目/ 120 目)。PA 丝挤出机头选用直角式机头,结构与 PE 机头相同。喷丝孔的长径比为 $6 \sim 10$ 。包角可以较小,通常为 60° 。喷丝孔的直径较小,通常为 $\phi 0.5 \sim \phi 0.8\text{mm}$,喷丝孔的数目为 $20 \sim 30$ 个。挤出机温度控制为 $170 \sim 190^\circ\text{C}$ 、 $190 \sim 210^\circ\text{C}$ 、 $210 \sim 230^\circ\text{C}$ 、 $230 \sim 250^\circ\text{C}$,接颈温度为 $240 \sim 250^\circ\text{C}$,机头温度为 $230 \sim 240^\circ\text{C}$ 。挤出前需干燥至含水量小于 0.1% 。冷却水面距喷丝板的距离为 $10 \sim 40\text{mm}$,冷却水温度为 $30 \sim 40^\circ\text{C}$,拉伸倍数为 $4.5 \sim 5.5$,采用两步拉伸。牵伸温度为 $70 \sim 80^\circ\text{C}$,用水浴法蒸汽加热。单丝热处理水箱温度为 $80 \sim 90^\circ\text{C}$,热处理辊筒的线速度比第三牵引辊的线速度低 $1\% \sim 3\%$ 。

(4) **聚氯乙烯单丝生产工艺** RPVC 单丝挤出成型要选用流动性好的 SG4 和 SG5 拉丝级专用树脂。硬质聚氯乙烯的挤出温度为 $80 \sim 100^\circ\text{C}$ 、 $100 \sim 120^\circ\text{C}$ 、 $120 \sim 140^\circ\text{C}$ 、 $140 \sim 160^\circ\text{C}$ 、 $160 \sim 180^\circ\text{C}$ 、 $170 \sim 180^\circ\text{C}$,出模后的拉伸温度为 $98 \sim 100^\circ\text{C}$,拉伸倍数为 $4 \sim 5$,热处理水箱温度为 $98 \sim 100^\circ\text{C}$,热处理辊筒的线速度比拉伸辊的线速度低 $2\% \sim 4\%$ 。

几种常用塑料单丝生产工艺参数见表 7-8。

表 7-8 几种常用塑料单丝的生产工艺参数

单丝品种		挤出温度/ $^\circ\text{C}$		冷却水温度/ $^\circ\text{C}$	拉伸倍数	拉伸温度/ $^\circ\text{C}$
		料筒温度	喷丝板温度			
PVC	纱窗丝	$90 \sim 160$	$160 \sim 180$	空气冷却	$2.5 \sim 3.5$	$95 \sim 100$
	绳索丝	$90 \sim 160$	$160 \sim 180$	$40 \sim 60$	$3.5 \sim 4.5$	$95 \sim 100$
HDPE 渔网丝		$150 \sim 300$	$290 \sim 310$	$30 \sim 50$	$9.0 \sim 10.0$	$90 \sim 100$
PP	渔网丝	$150 \sim 280$	$280 \sim 300$	$20 \sim 40$	$8.0 \sim 10.0$	$120 \sim 150$
	绳索丝	$150 \sim 280$	$280 \sim 300$	$20 \sim 40$	$6.0 \sim 7.0$	$95 \sim 100$
PA	渔网丝	$200 \sim 260$	$230 \sim 240$	$20 \sim 40$	$4.0 \sim 4.5$	$70 \sim 85$
	刷丝	$200 \sim 260$	$230 \sim 240$	$20 \sim 40$	$3.5 \sim 4.0$	$70 \sim 85$

(5) 单丝工艺操作要点

1) 机筒前端要加多孔板和过滤网,过滤网应不少于3层(一般聚氯乙烯用3层,聚乙烯和聚丙烯用4层),网目数及安放位置为40/80/40目。

2) 工作中注意保持喷丝板的精确度,喷丝孔工作面要光滑平整、无残料、无划伤痕,拆卸时要轻拿轻放,不许用锤子敲击,防止板变形。喷丝板孔径选择与成品丝直径关系见表7-7。

3) 冷却水箱中水的液面距喷丝板距离应控制在20~50mm,水的温度为20~40℃,丝在水中运行长度应大于1m。

4) 丝拉伸时的温度应控制在该丝所用原料的熔融温度以下。不同原料丝拉伸温度不一样。

5) 拉伸后的单丝要进行退火处理,目的是消除拉伸过程中产生的内应力,以减少丝的收缩率。丝的热处理退火方法可用热水,也可用热风循环箱。但应注意这两种加热介质的温度都要控制在低于丝拉伸时的加热温度。

6) 丝的拉伸倍数应按工作要求强度决定。不同塑料的拉伸倍数不一样,如聚乙烯的拉伸倍数为8~11,聚丙烯的拉伸倍数为5~8,聚酰胺(尼龙)的拉伸倍数为3~5,聚氯乙烯的拉伸倍数为3~6。

(6) 聚乙烯单丝生产中的异常现象、产生原因及解决方法(见表7-9)**表 7-9 聚乙烯单丝生产中异常现象、产生原因及解决方法**

异常现象	产生原因	解决方法
喷丝板处断头多	①机头温度过低,塑化不好 ②机身后部温度过高 ③原料有杂质或焦粒 ④第一牵引辊速度太快 ⑤喷丝孔不合要求或孔有残料 ⑥原料不合适 ⑦机头温度控制不稳定	①提高机头温度 ②加大加料口处冷却水量 ③调换原料或过滤网 ④降低第一牵引辊速度 ⑤调换喷丝板 ⑥选用合适原料 ⑦检修机头温控系统
热拉伸水箱中断头多	①拉伸倍数过高 ②拉伸温度过低 ③热水箱中压辊损坏 ④原料有杂质或分解物 ⑤加热时间太短	①降低拉伸倍数 ②提高拉伸温度 ③调换压轮 ④调换原料或拆洗机头 ⑤提高热水温度,延长加热路径
单丝粗细不均匀	①喷丝孔加工不合格 ②牵引辊打滑或传动带打滑 ③卷取张力太小 ④单丝打滑 ⑤机筒温控失灵,温度波动 ⑥机筒与螺杆磨损,料流不均匀 ⑦机头模具温度控制不合理	①调换喷丝板 ②检修牵引轴承和传动带 ③调换或调紧带轮 ④单丝多缠绕几圈 ⑤调换失灵加热圈,校正温控装置 ⑥修复机筒、螺杆,使配合间隙合格 ⑦检修调节机头温度
单丝太粗	①拉伸倍数太小 ②拉伸速度太慢 ③喷丝孔径磨损	①提高拉伸倍数 ②提高拉伸速度 ③调换喷丝板
单丝太细	①牵引速度过快 ②挤出温度偏低 ③过滤网被杂质堵塞	①降低牵引速度 ②提高挤出温度 ③调换过滤网

(续)		
异常现象	产生原因	解决方法
单丝强度偏低	①原料分子量太小 ②拉伸倍数过低或过高 ③冷却水温度过高 ④拉伸温度过高 ⑤拉伸时间不足	①调换原料 ②调节拉伸倍数 ③降低冷却水温度 ④降低拉伸温度 ⑤加长拉伸水箱
单丝表面有气泡	①原料中水分含量过高 ②挤出温度过高,物料分解	①干燥原料 ②降低挤出温度
单丝表面竹节化	①喷丝孔表面竹节化 ②挤出机螺杆转速太快 ③过滤网层数太多 ④机头温度偏低 ⑤喷丝板漏料	①磨光喷丝孔 ②降低挤出机转速 ③减少过滤网层数 ④提高机头温度 ⑤清理喷丝板
丝表面不光亮,有色差	①喷丝孔面加工不光滑 ②机筒更换原料未清洗干净 ③配色混料不均匀 ④原料在机筒塑化不均匀 ⑤水槽中的温度不稳定	①把喷丝孔面打磨抛光 ②重新清理机筒 ③调换原料 ④调高温度,确保塑化均匀良好 ⑤控制调节水箱温度稳定
出料不稳定	①螺杆加料段温度偏高 ②料斗中原料架桥,引起断料 ③机筒与螺杆间隙过大,料返流量大	①降低加料段温度 ②疏通原料 ③修复或更换零件,减少螺杆的配合间隙,减少料返流量
牵引时丝断头较频繁	①过滤网破裂,成型丝的原料杂质过多 ②牵引的单丝加热温度太低或加热时间过短 ③原料牌号选择不合理,而拉伸倍数又偏大 ④水槽中导辊的阻力过大或压丝杆工作面粗糙	①换新的过滤网,选用干净无杂质的生产原料 ②提高单丝的加热温度,确保原料加热时间充足 ③选择正规工厂生产的合格原料,调整至合适的拉伸比 ④降低水槽导辊的表面粗糙度,并使导辊转动灵活

7.4 扁丝机头设计与试模调机

7.4.1 扁丝的应用及原料准备

扁丝的性能（特别是韧性、伸长率、热收缩量）取决于挤出的冷却方式、冷却程度与取向度。目前，塑料扁丝应用范围越来越广，几乎代替了所有天然织品，如麻织包装袋、棉织包装袋、帆布、地毯、墙纸、装饰用带等都采用塑料扁丝。塑料扁丝的应用领域和主要要求见表 7-10。

扁丝挤出成型所用原料，用得最多的是聚丙烯（占 80% 以上）。高密度聚乙烯主要用于篷布产品。PP 原料选取熔体流动速率为 2 ~ 4g/10min，HDPE 原料选取熔体流动速率为 0.4 ~ 1.0g/10min。

原料选用注意事项。

① 为了改善扁丝制品的低温性能，增加扁丝的柔软性，生产 PP 扁丝时，在 PP 树脂中

可加入少量 LDPE 或 HDPE。在生产 HDPE 扁丝时也可加入少量 PP 树脂,以提高 HDPE 扁丝的拉伸性能和刚性。

表 7-10 塑料扁丝的应用领域和主要要求

应用领域	要求	拉伸比	尺寸:宽度 b/mm 厚度 d/mm 线宽度 $\rho_{\text{Lt}}/\text{dtex}$	塑料类别
地毯织物	低收缩量,中等韧度,耐湿性、限定的剖裂倾向	6 ~ 8	$b = 0.8 \sim 2.5$ $d = 0.037 \sim 0.05$ $\rho_{\text{Lt}} = 270 \sim 1125$	PP
帆布	高韧性	7	$b = 2.4$ $d = 0.04$ $\rho_{\text{Lt}} = 850$	PP, PE
袋	高韧性,高耐磨性,伸长比小,耐候性好	5 ~ 6	$b = 2.5 \sim 3.0$ $d = 0.03$ $\rho_{\text{Lt}} = 650 \sim 900$	PP, PE
墙纸和家用织物	耐紫外线性能强,静电少,染色均匀	7	$b = 1.2 \sim 3.0$ $d = 0.025 \sim 0.035$ $\rho_{\text{Lt}} = 350 \sim 900$	PE
户外地毯	低收缩性,高耐磨性,耐候性好,宜回收,染色均匀,限定的剖裂倾向	7	$b = 1.0 \sim 1.2$ $d = 0.03 \sim 0.06$ $\rho_{\text{Lt}} = 300 \sim 350$	PP
		6	$b = 1.0 \sim 3.0$ $d = 0.02$ $\rho_{\text{Lt}} = 300 \sim 1000$	PET
装饰用带	表面效果好,密度小	6	$b = 4 \sim 12$ $d = 0.03 \sim 0.05$ $\rho_{\text{Lt}} = 800 \sim 3000$	PP 加发泡剂
针织袋,袋和其他包装	高节点强度,低剖裂倾向,柔软性好,耐紫外线性能强	6.5	$b = 2.3$ $d = 0.02 \sim 0.03$ $\rho_{\text{Lt}} = 300 \sim 600$	PP, PE

② 用国产 PP 粉料挤出成型扁丝时,在树脂中要加入抗氧剂和氯离子吸收剂,以弥补原料热氧性能差和氯离子含量较高的不足。

③ 如果扁丝长期在室外存放,则应使用加有抗紫外线助剂的树脂。

④ 如果要生产有色的扁丝,PP 或 HDPE 树脂染色性能较好,可选择加入相应的色母料。如果要求扁丝有阻燃、抗静电性能,也可加入相应的助剂。

⑤ 为了降低扁丝的成本,防止横向拉伸强度下降,树脂中可加入 3% ~ 5% 的 CaCO_3 。

7.4.2 扁丝机头设计与生产设备

(1) 挤出机 一般选用 $\phi 65\text{mm}$ 和 $\phi 90\text{mm}$ 单螺杆挤出机,长径比为 25 ~ 28,螺杆带混炼头,压缩比为 3 ~ 4,在螺杆的前端有能够提高原料混炼、剪切能力的屏障型结构。螺杆头部在多孔板前放置 2 ~ 4 层滤网,用 $\phi 0.18\text{mm}$ (80 目) 铜丝网和 $\phi 0.45\text{mm}$ (40 目) 铁丝网组合使用。

(2) **机头** 吹膜法生产采用吹塑薄膜机头结构,模唇间隙为 0.8 ~ 1.0mm。平膜法生产采用歧管型和衣架式机头结构,膜向下挤出。

(3) **冷却装置** 管膜法的冷却装置与吹塑薄膜相同。平膜法冷却装置要使用冷却水箱,冷却水箱的尺寸规格与单丝挤出时的冷却水箱相似。

(4) **切割装置** 切割装置是将未拉伸的薄膜切割成宽约 3 ~ 5mm 的窄条。它是一组装在刀轴上的薄刀片,刀轴又装在切割架上。刀片间的距离可调,刀轴可以转动,刀刃口向下方便切割薄膜。

(5) **弓形加热板** 弓形加热板的作用是对切割的窄形条膜进行加热。其长度约为 2m,两端面弧长约为 150mm (宽度),板内装有电加热装置。弓形加热板的表面应光亮平滑,通常可在表面涂一层 PTFE 薄膜,这样扁丝从弓形加热板上滑过时不容易拉断。

(6) **拉伸辊筒** 拉伸辊在弓形板的两边,后牵引辊与前牵引辊线速度之比就是拉伸倍数。牵引辊一般都是上、下两个辊组成,上辊是橡胶辊,是被动辊;下辊是钢结构,表面抛光,还镀硬铬呈镜面状,是主动辊,速度可无级调整。

(7) **热处理设备** 热处理设备由弓形加热板和一对热处理辊筒组成,目的是保证扁丝的尺寸稳定,防止扁丝发生明显的后收缩并消除内应力。热处理的弓形板、辊筒与拉伸用弓形板、辊筒相同。热处理的辊筒通常称为第三拉伸辊筒。

(8) **分丝架** 一条扁丝生产线一般一次可生产 60 ~ 100 根扁丝。在扁丝卷取前的拉伸和热处理过程中,必须将每根扁丝分开,整齐排列在分丝架(分丝辊)上。卷取时,按卷取辊筒位置依次排列,分丝架将扁丝分成左、右两排,每排按卷取筒位置前后依次排列在分丝架上,防止扁丝相互缠绕或被拉断。

(9) **卷取装置** 卷取装置是将单根扁丝卷取在卷取辊筒上,卷取辊筒安装在卷取轴上。每个卷取轴由一个小力矩电动机驱动,卷取辊筒上有排丝装置、张力控制装置等。由于卷取辊筒较多,分上、中、下三排卷取。而卷取装置分成左、右两排,中间空挡位为操作通道。

7.4.3 聚丙烯扁丝挤出成型试模调机

聚丙烯扁丝是用聚丙烯树脂经挤出机塑化熔融后,先挤出成薄片或薄膜,经分切成一定宽度,再纵向拉伸和热处理而制成。它具有耐酸碱、密度小、拉伸强度高及耐热温度高等特点,主要用于编织成袋以包装粮食、水泥、化肥、蔬菜等,也可用作汽车和火车的篷布及帐篷。

(1) **PP 扁丝挤出成型的工艺流程** 扁丝的生产原理与单丝相同,但扁丝的制取方法和单丝不同。其生产方法主要有管膜法和平膜法(流延法)。图 7-32a 所示为平膜(流延)法,聚丙烯树脂在挤出机内塑化熔融后,采用 T 形机头流延法生产下水冷却,经分切后拉伸成型。管膜法是把聚丙烯树脂在挤出机内塑化熔融后,采用吹塑法(上吹或下吹)成型为管状薄膜,然后把膜泡剖开展平,经分切、预热、拉伸和热处理后而制成。其工艺流程如图 7-32b、图 7-32c 所示。

聚丙烯扁丝成型生产线如图 7-33 所示,它由挤出机、机头、冷却水槽、牵引辊、薄膜分切、牵伸慢速辊、加热装置、牵伸快速辊、热水槽、牵引辊、分丝导辊、卷取装置等组成。

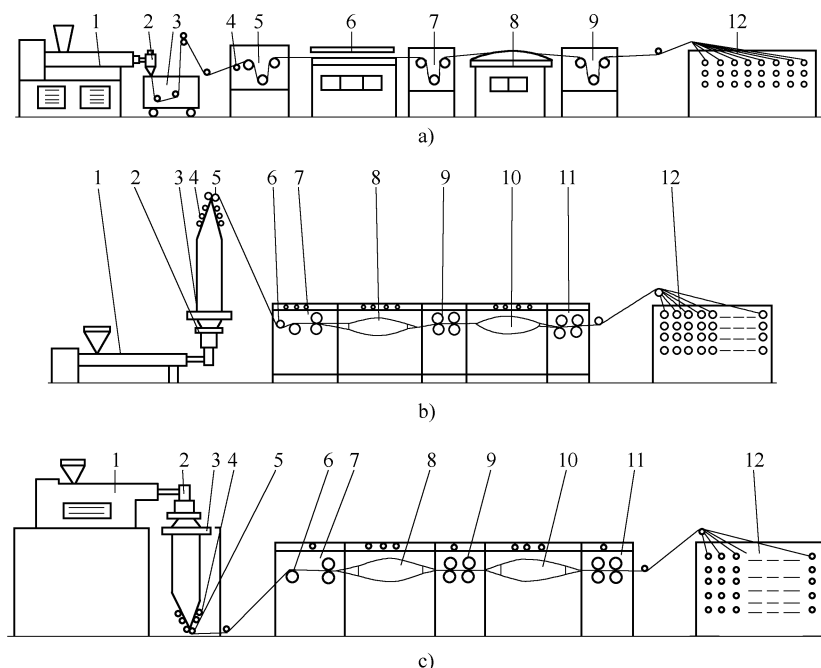


图 7-32 PP 扁丝工艺流程

a) 平膜法制造 PP 扁丝工艺流程 b) 管膜法制造 PP 扁丝工艺流程 (上吹法)

c) 管膜法制造 PP 扁丝工艺流程 (下吹法)

1—挤出机 2—机头 3—冷却风环 4—导板 5—夹辊 6—切割装置 7—第一牵引辊
8—热弓板加热器 9—第二牵引辊 10—热弓板加热器 11—第三牵引辊 12—分丝机

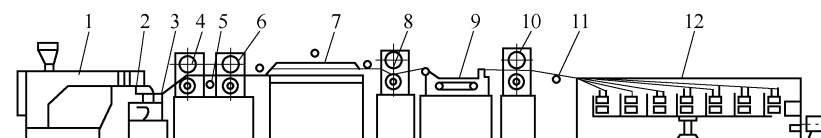


图 7-33 聚丙烯扁丝成型生产线

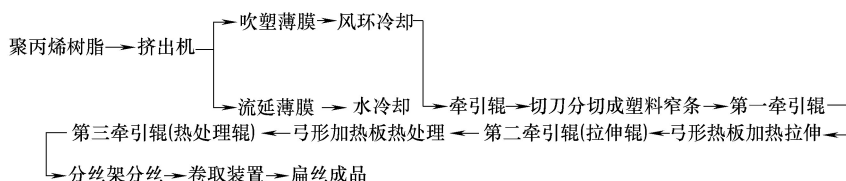
1—挤出机 2—机头 3—冷却水槽 4,10—牵引辊 5—薄膜分切 6—牵伸慢速辊
7—加热装置 8—牵伸快速辊 9—热水槽 11—分丝导辊 12—卷取装置

(2) 管膜法与平膜法挤出成型 PP 扁丝的区别 管膜工艺与平膜工艺相似, 不同之处主要如下:

- 1) 在成型管膜过程中可不设吹胀比或吹胀比很小, 但拉伸比要比平膜大得多。
- 2) 机头可选用与平膜机头完全相同的机头。
- 3) 形成扁平的管模后, 不设卷取装置, 但要增添分切装置, 将扁平的管膜分切成两层的若干塑料条, 两边的各一条送入回收装置。
- 4) 两层塑料条分别进入双面弧形烘箱的上、下面进行加热, 再进行拉伸, 其过程与单丝完全相同。

(3) 原料选择 聚丙烯扁丝挤出用原料, 等规指数 $\geq 96\%$, 拉伸屈服强度 $\geq 30\text{MPa}$, 树脂的熔体流动速率为 $2 \sim 8\text{g}/10\text{min}$, 树脂内不许有杂质和晶点, 生产时需用 150 目过滤网过滤后再造粒。

(4) 生产设备 聚丙烯扁丝挤出成型工艺流程如下



其生产设备主要包括挤出机、机头、冷却装置、切割装置、弓形加热板、拉伸辊筒、热处理设备、分丝架和卷取装置。

(5) 试模调机

1) 挤出温度。从进料段到出料口温度依次设置为 180 ~ 190℃、200 ~ 220℃、220 ~ 240℃、240 ~ 260℃，连接器段温度为 240 ~ 250℃，模唇温度为 220 ~ 240℃。

2) 拉伸温度。弓形板加热温度就是拉伸温度。弓形板的温度分三段控制：前段是窄条刚进入加热板，预热窄条的温度可以稍高些；中段窄条已开始拉伸；后段拉伸已结束，温度不能太高。这三段温度依次为 105 ~ 125℃、95 ~ 105℃、70 ~ 90℃。由于扁丝在弓形板表面拉伸时摩擦也会产生热量，所以扁丝温度会比弓形板温度稍高。

3) 拉伸倍数。拉伸倍数取 7 ~ 8 倍。拉伸快辊的线速度为 100 ~ 200m/min。

4) 热处理条件。热处理的温度比拉伸温度高 5 ~ 10℃，第三辊的牵引速度比第二辊慢 3% ~ 6%，以使扁丝松弛消除内应力。

5) 平膜挤出时的水箱温度。水箱温度为 30 ~ 50℃，机头与水面的距离一般为 20 ~ 50mm。水箱中的水要平静不能有波动。

6) 定型温度为 70 ~ 80℃。

7) 卷取。扁丝卷取时应控制卷取张力稳定，排丝均匀。进入卷筒中的扁丝也应松紧一致，表面平紧，以防止产生单边高低不平、扁丝嵌入等不正常现象。

7.4.4 聚乙烯扁丝挤出成型试模调机

(1) 聚乙烯扁丝概述 PE 扁丝的优点是柔软、韧性好，编织布与 PE 挤出复合为二合一、三合一材料的粘合强度高，PE 编织袋及复合材料克服了 PP 编织袋较硬和复合粘接强度不高的缺点。

(2) 设备选用 基本与 PP 扁丝生产设备相同，不同处是单螺杆挤出机的长径比为 25，压缩比为 3.5，带混炼头。可以用热水箱进行加热拉伸，也可用弓形板加热拉伸。

(3) 试模调机

1) 挤出温度。用 HDPE 挤出扁丝机筒温度从加料到出料口依次为 170 ~ 190℃、200 ~ 210℃、220 ~ 230℃、240 ~ 250℃，连接器温度为 230 ~ 240℃，机头温度为 220 ~ 230℃。

2) 定型温度为 80 ~ 100℃。

3) 冷却水温度。冷却水温度为 30 ~ 50℃，水面到模唇口的距离为 20 ~ 40mm，冷却水要平稳无波动。

4) 牵引。用 HDPE 生产扁丝水浴法加热时，其拉伸温度为 98 ~ 100℃。用 MDPE 生产扁丝热板法加热时，弓形板表面的温度前段为 100 ~ 120℃，中段为 100 ~ 110℃，后段为 90 ~ 95℃。HDPE 扁丝的拉伸倍数为 8 ~ 10 倍，MDPE 扁丝的拉伸倍数为 7.5 ~ 8.0 倍。

5) 热处理条件。HDPE 扁丝水浴法热处理温度为 $98 \sim 100^{\circ}\text{C}$ ，热板法的弓形板表面加热温度为 $80 \sim 95^{\circ}\text{C}$ 。MDPE 扁丝热板法的弓形板表面温度为 $80 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 。

(4) 聚乙烯扁丝生产操作要点

1) 生产时应用冷却循环水为料斗和机筒进料口部位降温，以确保原料的供给和连续向前输送。

2) 采用平膜法生产时机筒塑化原料温度控制在加料段为 $170 \sim 190^{\circ}\text{C}$ ，塑化段为 $190 \sim 220^{\circ}\text{C}$ ，均化段为 $220 \sim 250^{\circ}\text{C}$ ，机头为 $230 \sim 240^{\circ}\text{C}$ 。采用吹塑法生产时机筒温度控制在 $170 \sim 190^{\circ}\text{C}$ ，塑化段为 $190 \sim 210^{\circ}\text{C}$ ，均化段为 $210 \sim 230^{\circ}\text{C}$ ，机头温度为 $220 \sim 230^{\circ}\text{C}$ 。温度过高原料易降解氧化，扁丝强度下降；温度偏低原料塑化不充分，膜片拉伸时易出现断头现象。机头温度一般选为略低于机筒出口的最高温度为宜。

3) 挤出成型模具唇口的膜坯冷却降温定型，采用水冷风冷都可以。为了提高扁丝的拉伸强度和容易拉伸，降温介质的温度要控制在 $25 \sim 45^{\circ}\text{C}$ 。用水槽冷却水降温时，水面到机头唇口距离应为 $20 \sim 50\text{mm}$ ，且应可调节。从模具唇口挤出的熔料流速应一致，冷却水面应平稳无波浪。

4) 拉伸前的膜片分切宽度按需要而定，通常膜宽为 $1.5 \sim 8\text{mm}$ 。

5) 膜片拉伸时用烘箱加热，加热温度为 140°C ；用弧形板加热，温度控制在 $110 \sim 120^{\circ}\text{C}$ 。温度偏低时拉伸膜片易断裂，温度偏高时拉伸膜片易出现粘辊现象。拉伸倍数以 $6 \sim 8$ 倍较适宜，拉伸快速辊的转速由膜片厚度和拉伸倍数决定。

6) 拉伸后扁丝的热处理是为了消除膜片拉伸后变成扁丝产生的内应力，减少成品扁丝在应用中的收缩率。扁丝的热处理温度应略高于拉伸温度，可控制在 $130 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 。由于扁丝在热处理时略有收缩，所以，热处理后的扁丝牵伸辊速度要比扁丝拉伸时的快速辊速度慢些，通常可控制在比拉伸快速辊速度慢 $2\% \sim 5\%$ 。

7) 扁丝卷绕时，主要是保证各卷取辊筒的卷取张力均匀，张力过大或过小都会影响扁丝的编织生产。一般用力矩电动机驱动，也可采用卷轴为电磁结构，转速和张力全部自动控制。

8) 扁丝的拉伸是为了提高其拉伸强度。PP 扁丝拉伸倍数为 $5 \sim 6$ ，HDPE 扁丝拉伸倍数为 $6 \sim 7$ 。当扁丝拉伸倍数超过 8 时，其拉伸强度反而下降。

9) 拉伸后的扁丝都有回缩。为了保证织物的外形尺寸，扁丝的回缩率应控制在 1% 左右。这就要求拉伸后的扁丝还应进行一次热处理，以保证扁丝的回缩率。

10) 为了保证扁丝的性能要求，注意扁丝树脂原料的屈服强度应为 $35 \sim 38\text{MPa}$ ，拉伸强度应为 $33 \sim 35\text{MPa}$ ，伸长率应为 500% 。高密度聚乙烯扁丝树脂的屈服强度应为 $24 \sim 30\text{MPa}$ ，拉伸强度应为 $30 \sim 33\text{MPa}$ ，伸长率应为 500% 。

为了保证扁丝纤维度的均匀，还应注意控制生产扁丝用的薄膜的厚度。同时薄膜的厚度要均匀，极限偏差应尽量小。

7.5 打包带机头设计与试模调机

塑料打包带可用聚丙烯、高密度聚乙烯和聚氯乙烯树脂成型，但用得多的还是聚丙烯，这是由于聚丙烯打包带具有拉力大、耐腐蚀、耐高温、防潮湿、浸水后不降低强度、色泽鲜

艳、美观、经牵引后强度和韧性好、打包紧不易断、质量轻和容易成型加工的特点。塑料打包带被广泛用于日常百货、纺织、轻工、电器、仪表、医药、建材等行业，是理想的打包和捆扎材料，也可用来编织提篮、凉席等用品，使用非常广泛。

塑料打包带可分为人工打包带、机用打包带和齿形带等。人工打包带采用手工打包机，用金属卡扣锁紧；机用打包带是把货物自动输送到流水作业线上，采用机械自动打包、热压以及热压后粘合；齿形带是在打包带上滚压出齿形，在齿形带上套一个有弹性的自紧扣，把齿形带往前拉会越拉越紧，但不能退回，从而完成对货物的打包。

聚丙烯打包带的挤出成型生产工艺比较简单，只要把聚丙烯树脂和所需的辅料，按配方要求分别计量，再混合均匀加入料斗，挤出机塑化熔融后从机头唇口挤出有一定厚度和宽度的带状熔体，熔体通过在水槽中冷却定型，经预热再拉伸，然后在牵引钢轮上将表面压出花纹即成为聚丙烯打包带。聚丙烯打包带约占总产量的 90% 以上，其配方一般是 100 份普通 PP 料再加入 20 ~ 40 份无规聚丙烯母料，以及适量的抗氧化剂、色料等。

7.5.1 打包带挤出成型生产设备

打包带挤出成型生产设备包括突变型螺杆挤出机、机头、冷却水箱、第一牵引胶辊、热拉伸水槽、第二牵引胶辊、压花钢辊（或压齿钢辊）、第三牵引辊、双盘收卷机，如图 7-34 所示。

前面水箱的作用是冷却定型，后面水槽的作用是热处理以消除内应力，同时通过加热拉伸增加强度和韧性，使压花更容易。

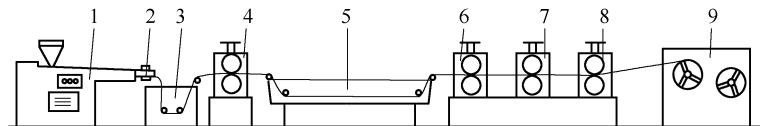


图 7-34 打包带挤出成型生产设备

1—挤出机 2—机头 3—冷却水箱 4—第一牵引胶辊 5—热拉伸水槽
6—第二牵引胶辊 7—压花钢辊 8—第三牵引辊 9—双盘收卷机

(1) 挤出机 聚丙烯、聚乙烯采用突变型螺杆的单螺杆挤出机，聚氯乙烯采用渐变型螺杆的单螺杆挤出机，螺杆的长径比 $L/D \geq 20$ 。为了提高原料的塑化质量和产量，最好选用机筒加料段带有纵向沟槽机筒、螺杆均化段带有屏障型混炼头的 SJ-45 或 SJ-65 挤出机。

(2) 成型机头 打包带机头与螺杆成直角为好，具体设计见 7.5.2 节。

(3) 冷却定型水箱 冷却定型水箱的作用是把从模具口挤出的带形熔体冷却定型。水箱（或水位）应可调节高低，以适应制品入水的距离。箱内冷却水液面和模具唇口的距离为 20 ~ 50mm。冷却水温度控制在 30 ~ 40℃。水温偏低，带体结晶定型快，易出现横纹；水温过高，带体结晶定型慢，对二次拉伸不利。从机头挤出的条带由于出模温度高，为防止聚丙烯熔体高温氧化以及带坯被拉断，应立即下水冷却定型。

(4) 热处理水槽 水槽长约 2m，通常采用蒸气或电热棒加热，水温控制在 100℃ ~ 120℃。由于扁丝拉伸后还有后收缩（一般在 1% 以下），应再次热处理。方法是把成捆的扁丝在沸水中浸泡一段时间然后再缓慢冷却。

(5) 牵引辊 用橡胶轮（即钢轮外表面包胶）作上轮，用钢轮作下轮，通过第一牵引

辊组和第二牵引辊组的转速差使带坯得到拉伸。拉伸是在热水槽中进行的,拉伸倍数通常为5~7。带坯经拉伸后不仅提高了打包带的纵向强度,还可消除内应力、减少打包过程的伸长率。但是当扁丝的拉伸倍数超过8时,其拉伸强度反而会下降,所以也不能过渡拉伸。

(6) **压花辊** 压花辊采用不锈钢轮,外表面雕刻花纹或电蚀花纹,上下轮都有花纹。如果要压齿形还要在钢轮外表面加工齿形。打包带上下面的花纹不仅增加了接触摩擦力,还使带的横向强度得到提高,外表面也更加美观。

(7) **收卷机** 采用双筒收卷,可在更换卷筒时不停机。收卷时要求卷绕张力均匀,过松或过紧都不利于编织。

7.5.2 打包带挤出成型机头设计

打包带的机头是一种直线形的扁平狭缝模具,一般由上下两个半边体组成。熔料的成型腔靠近机筒端呈圆锥形,出料端逐渐变为鱼尾形。鱼尾式分流体可使熔料在模具内的中间部位阻力大,两端阻力逐渐变小,这样可使挤出的料流压力接近一致。模具内的流道型腔内壁应光滑、无滞流阻流现象。成型带体的模唇口间隙应均匀,表面粗糙度 Ra 应不大于 $0.3\mu\text{m}$ 。打包带机头结构如图 7-35 所示。

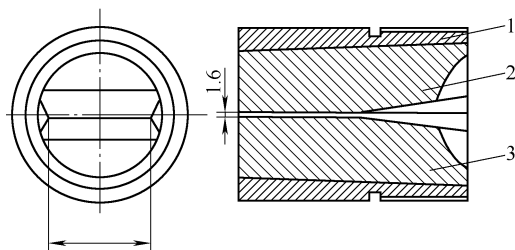


图 7-35 打包带机头结构

1—外套 2—上模唇 3—下模唇

7.5.3 打包带挤出成型试模调机

(1) **原料选择** PP 打包带挤出成型主要用料是聚丙烯树脂,树脂的熔体流动速率为 $2 \sim 3.5\text{g}/10\text{min}$,密度为 $0.91\text{g}/\text{cm}^3$ 。另外根据需要,还可加入一定比例的抗氧剂、偶联剂和轻质碳酸钙等辅料。

聚丙烯配方一般为 100 份聚丙烯加入 20~40 份无规聚丙烯母料,根据需要再加入适量的抗氧剂、氯离子吸收剂、着色剂等,以弥补原料热氧性能差和氯离子含量较高的不足。

(2) **工艺流程** 挤出机→机头→冷却水箱→第一拉伸牵引辊→热拉伸水槽→第二拉伸牵引辊→压花辊→第三拉伸牵引辊→双盘收卷机。

(3) 工艺温度

- ① 机筒温度。加料段为 $150 \sim 180^\circ\text{C}$,塑化段为 $190 \sim 220^\circ\text{C}$,均化段为 $220 \sim 250^\circ\text{C}$ 。
- ② 机头模具温度为 $230 \sim 240^\circ\text{C}$ 。
- ③ 冷却定型水箱温度为 $30 \sim 40^\circ\text{C}$ 。
- ④ 带坯预热水温度为 100°C 左右。
- ⑤ 模口距水面距离为 $20 \sim 50\text{mm}$ 。

(4) 工艺操作要点

1) 聚丙烯打包带如果用粉料,须加入 0.5% 的抗氧剂,再根据用途加入一些其他辅料。聚丙烯母料采用无规聚丙烯,需加入一定比例的碳酸钙和其他辅料制成。

2) 在机筒前要加多孔板和过滤网。网的目数以 100 目为宜,以减少熔料杂质,确保生产正常进行。机头模唇温度应比机筒最高温度低 10°C ,这样成型较好。

3) 挤出机料斗下部进料口的温度不能太高,而且要通循环水进行冷却,防止料斗被架空,原料下不来,影响连续进料。

4) 开机后应先检查出料情况,检查带状熔融料是否塑化均匀,如果塑化不好不能开机生产。料坯合格后,才能把带坯引入冷却水槽和拉伸牵引辊,并引进压花辊和双盘收卷机。生产过程中应随时观察制品质量变化情况,及时调节工艺温度、牵引速度及带的厚度和宽度。

5) 为了使加料段原料易于推进,加料段的机筒内圆表面应开有纵向沟条。

6) 生产过程中要注意观察冷却定型水槽的水温、牵引速度以及模具唇口至冷却水液面的距离,这三项参数对产品质量影响较大。通常冷却定型水槽的水温控制在 $20 \sim 40^{\circ}\text{C}$,唇口至冷却水液面的距离为 $50 \sim 100\text{mm}$ 。

7) 通常模唇口宽度是打包带制品宽度的 $4 \sim 4.5$ 倍,模唇口间隙是打包带成品厚度的 3 倍。

8) 第一慢速牵引辊和第二快速牵引辊的转速应都可以单独调节。两组牵引辊的转速差就是带坯的牵伸倍数。PP 料牵伸倍数为 $5 \sim 8$ 。

9) 为了提高印刷油墨的浸润性和附着牢度,拉伸后的打包带表面应进行电晕处理。

10) 为了完全消除制品的内应力,应把整捆制品再次放入沸水中退火处理 5min ,然后再自然缓慢冷却,以确保成品质量稳定。

(5) 质量要求

1) 外观质量应色泽均匀,压花整齐清晰,无明显污染、杂质,不允许有裂纹、损伤和穿孔。

2) 打包带规格和质量指标应符合表 7-11 的规定。

表 7-11 几种打包带的规格和质量指标

品种 性能	PE	PP	PVC
宽度/mm	15.5 ± 0.5	15.5 ± 0.5	12.5 ± 0.5
厚度/mm	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.7 ± 0.1
每条拉力/N	>1700	>1700	>1500
伸长率(%)	<25	<25	<25
每条长度/m	14×10^4	16×10^4	7×10^4

(6) 打包带生产辅机的完好标准

- 1) 传动装置运转正常,变速平稳,无异常声响和振动。
- 2) 减速箱润滑管路畅通,油质合格,油量适中,油标醒目,无漏油。
- 3) 冷却水槽无水垢,升降自如。制冷系统工作正常,制冷温度达到工艺要求。
- 4) 各辊筒转动灵活,表面无严重磨损、锈蚀,各辊筒转速及速比达到设计要求。
- 5) 卷曲机摆杆运动自如,无窜动,制品卷绕平稳。
- 6) 热风循环炉或热水槽加热正常,温度控制准确。
- 7) 电器元件齐全、完好,仪表指示准确。
- 8) 电动机温升不超过电动机铭牌规定,调速平稳。
- 9) 设备外观整洁,无黄袍,无油垢,铭牌齐全、清楚。
- 10) 辅机附件齐全,保管妥善。

(7) 打包带生产中异常现象、原因分析及解决方法 (见表 7-12)

表 7-12 打包带生产中异常现象、原因分析及解决方法

异常现象	原因分析	解决方法
未拉伸前条带宽窄不均	①第一冷却水箱水温或水量不稳 ②第一冷却水箱内的喷水杆位置不合适或水孔堵塞 ③第一牵引辊失转 ④主机传动带松紧不合适 ⑤变速箱内零件有损坏现象 ⑥挤出机内有异物 ⑦过滤网堵塞	①调节冷却水温或水量 ②检查喷水杆位置,疏通喷水孔 ③修理第一牵引辊 ④调节主机传动带 ⑤检查、修理变速箱 ⑥清理异物 ⑦更换过滤网
拉伸后条带宽窄不均	①拉伸箱水温波动大 ②拉伸辊转动不稳或失转 ③拉伸速度过高或过低 ④拉伸倍数过大或过小 ⑤牵引拉伸辊对带坯压力不足	①调整拉伸箱温度 ②检查修理拉伸辊 ③调节拉伸速度 ④调节拉伸倍数 ⑤调整拉带压力
条带中间有裂纹(成品带)	①原料中有杂质 ②口模内有焦粒 ③第一水箱中导辊表面有异物 ④过滤网破裂或目数偏小	①调换或清理杂质 ②清理机头模具 ③清理导辊 ④调换过滤网
条带弯曲度大(成品带)	①各道转辊安装不水平、不平行 ②各道转辊压力不平衡 ③各辅机安装不成一条直线	①调节转辊到水平或平行位置 ②调节各道转辊压力 ③调节安装在一条直线上
条带压花不清晰	①压花辊压力过大或过小 ②上下花辊花纹不对称 ③牵引温度低 ④定型冷却不良	①调节压花辊压力 ②调节压花辊,使花纹清晰 ③提高牵引温度 ④调节冷却水温
挤出物表面粗糙	①机头温度过高或过低 ②物料中含有水分 ③物料中含有杂质	①调节机头温度 ②干燥原料 ③换干净原料
挤出的条带塑化不良	①机筒、机头温度过低 ②物料中有杂质 ③螺杆转速过高	①提高机筒、机头温度 ②调换原料 ③降低螺杆转速
条坯出现条纹	①冷却水温度过低 ②口模温度过低	①提高冷却水温度 ②提高口模温度
牵引困难易拉断	①物料塑化不均匀 ②二次加热温度过高或过低 ③牵引比不合理 ④牵引速度太快	①调节塑化温度 ②调节二次加热温度 ③牵引比调节至 6~7 ④适当降低牵引速度
条带中间有裂纹、气泡	①原料中含水分 ②原料中含有挥发物	①干燥原料 ②调换为无杂质原料
牵引不均匀,条带宽度波动	①物料塑化不良 ②牵引温度过低 ③牵引速度不稳定	①调节塑化温度 ②提高牵引温度 ③调节牵引速度
打包带偏斜太大	①压花辊压力不平衡 ②定型冷却不好 ③冷却水温不稳定	①调节压花辊的压力 ②调节水位面稳定 ③调节定型冷却水温

7.6 捆扎绳机头设计与试模调机

塑料捆扎绳一般用聚丙烯原料制作, 由于它具有强度高、卫生、柔软、质量轻、耐酸碱、抗腐蚀、耐潮湿、美观鲜艳、手感好、可加工成各种不同颜色等特点, 代替了传统的纸绳和麻绳、棕绳等, 广泛用于工业、农业、商业等行业中各类物品的打捆包装。

聚丙烯捆扎绳的挤出成型生产工艺与 PP 树脂扁丝成型工艺基本相同。捆扎绳是一种拉伸制品, 其原料可选用拉伸级的 PP 树脂, 熔体流动速率为 $2 \sim 3.5 \text{ g}/10 \text{ min}$, 再加些颜色和抗氧剂。

7.6.1 捆扎绳挤出成型生产设备

(1) 捆扎绳挤出成型生产设备 捆扎绳挤出成型工艺流程: 把 PP 树脂和一些辅料按工艺配方要求计量后, 掺混在一起搅拌均匀投入到挤出机内, 经塑化熔融由螺杆推入到机头模具内, 从模具唇口挤出成型筒状膜管。然后把膜管吹胀并冷却定型, 再分切、加热、拉伸后卷曲成绳, 即为捆扎绳制品。聚丙烯捆扎绳挤出成型生产线如图 7-36 所示。

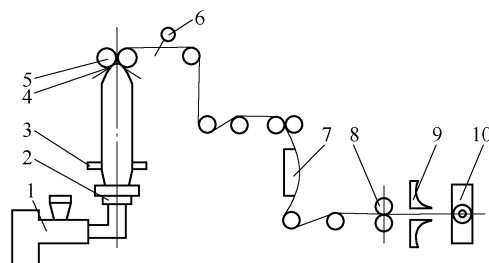


图 7-36 聚丙烯捆扎绳挤出成型生产线

1—挤出机 2—机头 3—风环 4—人字板 5—夹辊及牵引辊 6—切刀 7—热拉伸板 8—拉伸辊 9—吹飞装置 10—卷取装置

(2) 捆扎绳挤出机 通常选用 SJ-65 或 SJ-90 型挤出机, 螺杆长径比 $L/D = 20$, 采用突变型螺杆。机头一般采用螺旋芯棒式吹塑机头, 口模圆周有分布均匀的拉伸筋槽, 筋槽深度为 0.6 mm , 以加强纵向拉伸强度, 并使产品产生纤维般手感。机头设计方法和设计参数可参考薄膜机头的设计, 这里不再详述。

(3) 生产辅机

- ① 风环。设有为膜泡降温定型用的两个风环。
- ② 人字形导板。采用不锈钢板制作, 其夹角为 $15^\circ \sim 20^\circ$, 起冷却定型作用。
- ③ 分切刀片。按捆扎绳要求的膜宽分切薄膜。刀片按一定的距离固定在刀架上, 刀片的宽度可以调节。
- ④ 牵引辊。牵引辊有三对。下辊为不锈钢辊, 它是主动辊。上辊为表面包了一层橡胶的胶辊, 它是从动辊。胶辊支承套上的手轮可调节胶轮压紧度。牵引拉伸辊应是无级调速。
- ⑤ 弓形电阻丝加热板。弓形加热板长 2 m , 宽 0.75 m , 温度应保持恒定。用于拉伸前的条形膜加热软化, 加热温度为 $110 \sim 130^\circ \text{C}$ 。
- ⑥ 吹飞装置。安装在牵引拉伸辊的后面, 防止拉伸膜条卷绕在牵引辊上。吹向膜条的风力应顺着运行方向, 以推动膜条向收卷轴方向运动。吹飞装置由相距 20 mm 的两个上、下吹风口组成, 吹风口唇缝为 5 mm , 其宽度要大于薄膜幅宽, 由鼓风机供风, 连续不间断地向条体吹送冷风。
- ⑦ 收卷装置。把制品收卷成捆。

7.6.2 捆扎绳挤出成型试模调机

(1) 工艺参数及操作要点

- 1) 机筒温度。加料段为 140 ~ 170℃, 塑化段为 175 ~ 200℃, 均化段为 200 ~ 220℃。
- 2) 机头温度为 210 ~ 220℃。
- 3) 吹胀。生产捆扎绳的吹胀比和牵引比都要小于吹塑薄膜, 吹胀比一般为 1.1 ~ 1.3, 拉伸比一般为 1.5 ~ 2.0。采用上吹法。
- 4) 分切。经牵引辊牵引出的双层膜, 被一排切刀切成一定尺寸的窄条, 其宽度应可调。
- 5) 拉伸。分切后的窄条经过弓形板加热并拉伸, 热拉伸温度约为 110 ~ 130℃, 拉伸倍数为 5 ~ 7 倍。在弓形加热板表面应覆盖一层聚四氟乙烯膜, 以确保加热均匀, 减少拉伸时的摩擦系数, 同时保护弓形加热板。拉伸速度为 80 ~ 100m/min。
- 6) 吹飞。吹飞的作用除了使窄带进一步冷却, 还可防止窄带缠绕在高速旋转的拉伸辊筒上。

(2) 塑料捆扎绳生产辅机完好标准

- 1) 传动装置应运转正常, 变速平稳, 无异常声响和振动。
- 2) 减速箱的润滑管路畅通, 油质合格, 油量适中, 油标醒目, 无漏油。
- 3) 导辊、牵引辊移动灵活, 速度达到设计要求, 表面无严重磨损、锈蚀。
- 4) V 带、链条的松紧度适度, 传动平稳。
- 5) 卷曲机摆杆上下运动自如, 无窜动, 制品卷绕平稳。
- 6) 电器元件齐全、完好, 仪表指示准确。
- 7) 拉伸板加热元件完好, 温度均匀。
- 8) 电动机的温升不超过电动机铭牌规定, 调速平稳。
- 9) 设备外观整洁, 无黄袍, 无油垢, 铭牌齐全、清楚。

(3) 聚丙烯捆扎绳生产中的异常现象、原因分析及解决方法 (见表 7-13)

表 7-13 聚丙烯捆扎绳生产中的异常现象、原因分析及解决方法

异常现象	原因分析	解决方法
出料慢且少	① 机筒有异物 ② 机头温度过低 ③ 树脂黏度太大	① 排除异物 ② 提高机头温度 ③ 换料或加入润滑剂
破膜	① 薄膜有鱼眼(晶点) ② 膜口筋条堵塞,树脂烧焦 ③ 原料中水分和杂质多 ④ 过滤网破裂	① 提高机身温度 ② 清理筋条和焦料 ③ 换料或对原料进行处理 ④ 换过滤网
膜厚度不均匀	① 口模间隙不均匀 ② 口模四周温度不均匀 ③ 风环四周风量不均 ④ 机头内压力低	① 调节口模间隙均匀 ② 调节加热圈 ③ 调节风环使出风均匀 ④ 增加过滤网的目数
膜片上有皱纹	① 机头模具安装不平 ② 薄膜厚度不均 ③ 薄膜冷却不足或不均匀 ④ 人字板调整不合理 ⑤ 机头人字板与夹板未对准 ⑥ 牵引辊松紧和压力不均	① 调节机头模具 ② 调节口模间隙 ③ 调节风环风量及均匀度 ④ 调节人字板 ⑤ 重新调节对准 ⑥ 调节牵引辊

(续)

异常现象	原因分析	解决方法
薄膜粘连	① 冷却不足 ② 口模温度过高 ③ 原料不合要求 ④ 拉伸板温度过高	① 加强冷却 ② 降低口模温度 ③ 加入改性聚丙烯 ④ 降低拉伸板温度
膜管波动	① 风环位置不当 ② 挤出机压力小 ③ 风机风量不均	① 调节风环位置 ② 安装较高目数过滤网 ③ 清理维修风机
膜泡偏斜	① 薄膜厚度不均 ② 夹辊压力不均 ③ 冷却不均匀 ④ 机头位置不正	① 调节风环风量和口模间隙 ② 调节夹辊压力 ③ 调节冷却装置 ④ 调整机头位置
连续断条	① 工艺温度不合理 ② 口模间隙不均匀 ③ 原料不合适 ④ 切刀不快 ⑤ 拉伸倍数过大 ⑥ 吹胀比过大	① 调节工艺温度 ② 调节口模间隙 ③ 换原料或调节拉伸倍数 ④ 换切刀 ⑤ 调节拉伸倍数 ⑥ 减小吹胀比
出料有疙瘩或白印	① 物料温度低、塑化不良 ② 熔体流动速率小	① 提高机筒温度,使塑化良好 ② 换流动性好的原料
出料变黄或黑	① 机筒与机头温度过高 ② 物料流动受阻,停滞分解	① 降低机筒与机头的温度 ② 清理滞料,修好流道

7.7 塑料网机头设计与试模调机

7.7.1 塑料网的应用与原料准备

塑料网的挤出成型主要是因为特殊的机头结构。该机头有一对能够相对旋转的内外模面(口模),且分型面上还设置有数量和截面形状完全相同的半圆沟槽。当旋转或平移的内外模面移至两模面熔料流道汇合时,两根丝粘合到一起形成丝结(网结),当两模面熔料流道分开时又成为网丝。内外模面连续不断地旋转,丝、结循环变换则形成网格,再经过冷却定型就最后成型为圆形网筒。

图 7-37a 所示是圆筒网模成型网格、网结的示意图。图 7-37b 所示为圆筒网模成型后的结构图。图 7-37c 所示是平板网模的结构图,它是依靠开有小孔的两块上、下模板的平行左右移动来形成丝网的。

塑料挤出网按生产工艺过程可分为牵伸网与非牵伸网;按制品形式分为圆网(筒网)与平网(片网);按是否发泡可分为普通网和发泡网。通过变化各种因素(如模口小孔形状、数量、机头旋转速度和方向、配成各种颜色等),可以生产种类繁多、形状多变的各种塑料网。

这种塑料网由于无毒、省料、质量小、强度和韧性好、可做成各种颜色、并可一次成型且成型容易、工艺流程短、所用设备简单、易于操作、生产效率高、成本低、花色品种多、价格便宜,因此被广泛用作各种玩具、食品、蔬菜、酒类、机械零件的包装,在养蚕、家禽饲养、水产养殖、建筑等行业也得到广泛应用。

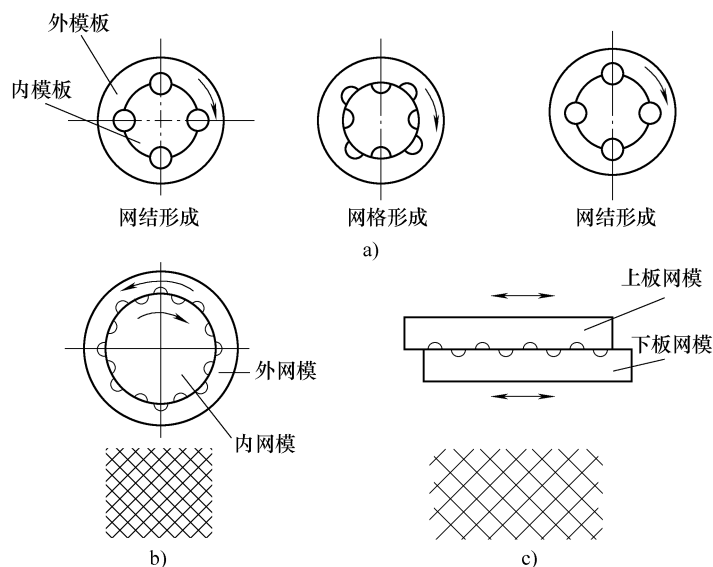


图 7-37 塑料网的成型原理

a) 圆筒网模成型网结、网格示意图 b) 圆筒网模结构 c) 平板网模结构

塑料网常用原料主要是聚丙烯和聚乙烯，其中又以低密度聚乙烯用得较多。聚乙烯普通网可选用熔体流动速率为 $0.25 \sim 2\text{g}/10\text{min}$ 的树脂，聚乙烯硬质平网可选用熔体流动速率为 $0.7 \sim 2.0\text{g}/10\text{min}$ 的树脂。

聚乙烯发泡网是在聚乙烯挤出网的基础上发展起来的，可以用有机的 AC 或无机的 NaHCO_3 作为发泡剂，经挤出发泡成网。

聚乙烯发泡网配方（质量份）如下：

LDPE（MFR 为 0.3），100； NaHCO_3 ，8；聚丁二烯（物理交联剂），12。

7.7.2 生产工艺与设备

(1) 塑料网挤出成型生产设备 如图 7-38 所示，塑料网挤出成型生产设备包括挤出机、成型机头、拉伸筒、冷却水槽、牵引机、卷取装置等。

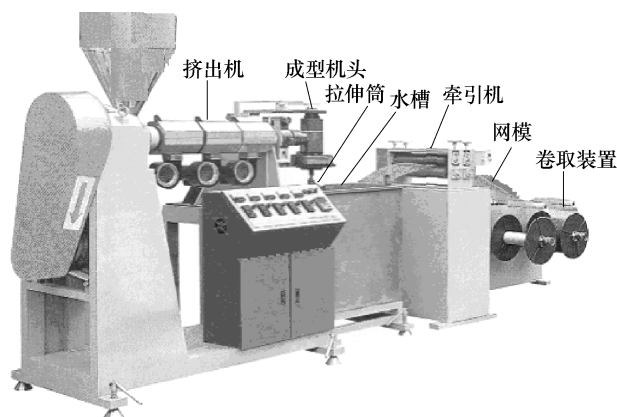


图 7-38 塑料网挤出成型生产设备

(2) 塑料 (PE、PP) 网挤出成型工艺流程

塑料圆网 (筒网) 挤出成型工艺流程如图 7-39a 所示, 塑料平网挤出成型工艺流程如图 7-39b 所示。

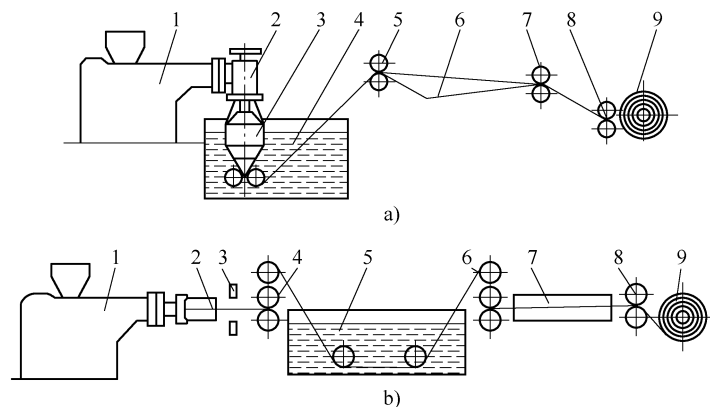


图 7-39 塑料 (PE、PP) 网挤出成型工艺流程

a) 塑料圆网 (筒网) 挤出成型工艺流程

1—挤出机 2—成型机头 3—拉伸筒 4—冷却定型水槽 5—牵引辊 6—剖幅展开装置 7—牵引辊 8—导辊 9—卷取装置

b) 塑料平网挤出成型工艺流程

1—挤出机 2—成型模具 3—冷风降温装置 4、6、8—牵引辊 5—水槽 7—烘箱 9—卷取装置

1) 如果要成型纵向牵引拉伸的网制品, 可对塑料网挤出成型工艺流程进行改进。即在图 7-39a 或图 7-39b 的基础上, 对卷取装置 9 进行改进, 而卷取装置 9 之前的工艺流程保持不变。图 7-40 所示为改进后的部分纵向牵引拉伸网的工艺流程。

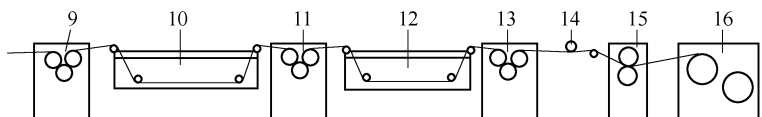


图 7-40 部分纵向牵引拉伸网工艺流程

9—1 号牵引辊 10—热牵引拉伸水槽 11—2 号牵引辊 12—热处理水槽

13—3 号牵引辊 14—切刀 15—牵引辊 16—卷取机

2) 如果要成型横向牵引拉伸的网制品, 可再对纵向牵引拉伸网的工艺流程进行改进。即在图 7-40 的基础上, 再增加图 7-41 所示的工艺流程, 而卷取机 16 之前的工艺流程保持不变。

(3) 挤出机 选用 SJ-45 或 SJ-65 普通单螺杆挤出机, 螺杆长径比 $L/D \geq 20$, 螺杆转速控制在 $10 \sim 90 \text{ r/min}$ 。

7.7.3 机头设计

(1) 旋转机头设计 旋转机头是塑料挤出网生产的关键部件, 专门用于成型圆筒丝网。由于内口模和外口模要做相对旋转运动, 因此要求有严格的密封。此外内、外口模的相对面上还分别设有若干个凹槽, 各凹槽的

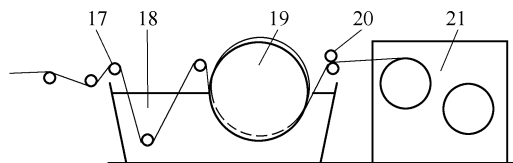


图 7-41 部分横向牵引拉伸网工艺流程

17—导辊 18—热拉伸水槽 19—横向牵引拉伸辊

20—牵引辊 21—卷取机

内、外口模之间也要有精密的滑动配合。太紧容易咬死，太松容易使网目面连片，影响质量，一般间隙为 $0.018 \sim 0.02\text{mm}$ 为宜。圆筒丝网成型机头的结构如图 7-42 所示。工作时，内口模 10 和外口模 9 相互逆转成型网丝，然后在出料口处重合成丝网坯。内口模由转轴 4 和上链轮 3 带动旋转。外口模与下链轮为一体并和转动圈 8 固定在一起，在滑槽内转动。螺旋芯模 2 的外圆上有锥形螺旋槽，它能够把进入模具内的熔料均匀扩散，然后再均匀地挤进口模，分布在外口模 9 和内口模 10 相互配合的圆周上。外口模上设有链轮，通过链条带动外口模进行旋转。内口模 10 经内联板 7 与转轴 4、上链轮 3 组成一个完整的旋转体。由于内旋装置既受压力和重力影响，又需长距离控制，所以在转轴上设置了两套向心轴承和一套圆锥滚子轴承以保证内口模的旋转。由内、外模相互旋转形成旋转方向相反的两条螺旋状丝条，它们在内、外出料口重合时相结合，并形成菱形网眼的塑料圆网。

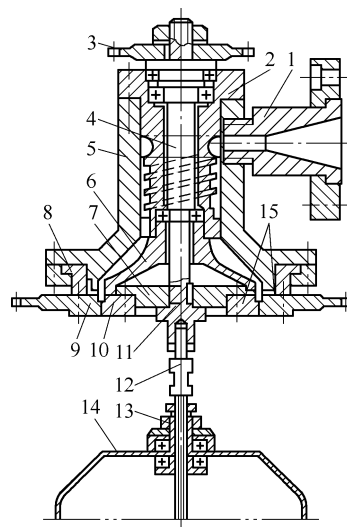


图 7-42 圆筒丝网成型机头的结构

- 1—机颈 2—螺旋芯模 3—上链轮 4—转轴
5—模头体 6—内芯 7—内联板 8—旋转圈
9—外口模 10—内口模 11—接头 12—丝杆
13—调节套 14—拉伸筒 15—减摩圈

拉伸筒 14 的作用是对挤出的圆筒状网进行拉伸并冷却定型。通过更换不同直径的拉伸筒可生产不同折径和幅宽的网制品。圆网生产工艺流程及设备如图 7-43 所示。

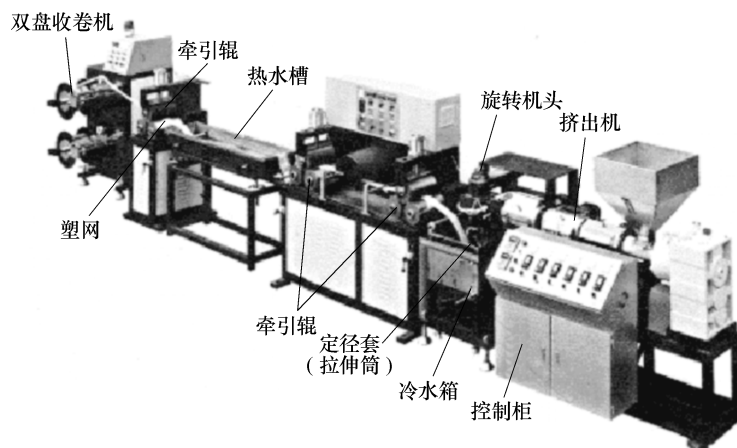


图 7-43 圆网生产工艺流程及设备

(2) 平网机头设计 平网成型机头中的上、下模板内是衣架式熔料流道，上、下口模由偏心轴带动，能在齿条上左右移动，完成成型和平网丝的粘接成型工作。图 7-44 所示是平网成型机头的结构，它主要由上、下平行模板 1，口模条 3、4，滑条 2 和偏心轴 5 等部件组成。上、下模板的流道为衣架式流道。上、下口模（或其中之一）通过偏心轴带动作左右移动，便可获得菱形网眼的塑料平网。

平板法生产矩形塑料网的机头如图 7-45 所示。

成型机头由机头体 3、梳板 4、导板 1、偏心轴 2 等组成。

熔融物料从机头体的狭缝（见图 7-45a）中挤出成片状。当梳板下移时，将狭缝大部分堵住（见图 7-45b），使物料只能从梳齿间的空缝中呈条状挤出。当梳板上移时（见图 7-45c），物料又可从整个狭缝口模中挤出。这样使垂直直线部分与水平直线部分反复交替挤出，即可形成矩形或正方形网眼的塑料平网。

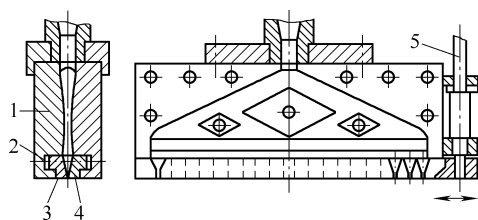


图 7-44 平网成型机头的结构

1—上、下模板 2—滑条 3、4—口模条
5—偏心轴

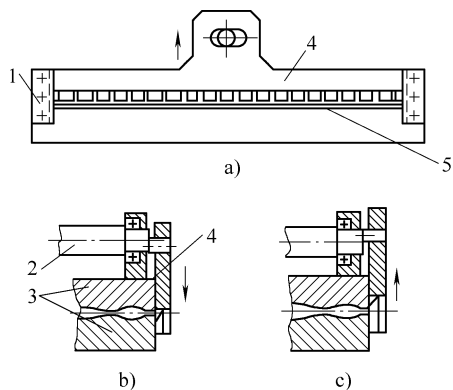


图 7-45 平板法生产矩形塑料网的机头

1—导板 2—偏心轴 3—机头体 4—梳板
5—矩形网眼塑料网

(3) 网机头结构与工作要求

1) 模具中各组成部分的型腔流道零件应选用耐高温的不锈钢调质加硬的预硬钢制造，以确保耐腐蚀、耐磨损、有足够的强度和硬度，在高温高压下不变形。

2) 机头型腔流道应光滑无滞料、阻流现象。模唇工作面和凹槽表面粗糙度应不大于 $0.2\mu\text{m}$ ，口模应淬火加硬达到 $45 \sim 55\text{HRC}$ 。

3) 模具零件组装后要配合严密，不能有漏胶现象。

4) 内、外模唇部位的相对应面上各开有若干小孔或凹槽（可以是 23、46、72 或者 144），各小孔或凹槽的截面形状、尺寸以及孔槽间的距离必须相同，且均匀分布，误差不得超过 0.05mm 。

5) 内、外模唇必须是精密的滑动配合，配合间隙应为 $0.015 \sim 0.02\text{mm}$ 。间隙过小，转动时会咬住，无法连续工作；间隙过大，容易出现网线连片现象，影响制品质量。

6) 机筒前要加多孔板和过滤网，网的目数和层数应根据丝网的质量要求和原料的质量确定。

7) 冷却水槽的水位应高低可调，移动方便。工作中水面要平稳，同时水下应安装照明灯以方便操作。注意经常观察丝网在冷却水中的降温定型成网变化，及时调整相应的工艺参数，如温度、冷却水温、水液面高度和牵引速度等。

8) 丝网的拉伸加热温度应控制在 100°C 。水槽长应为 $3 \sim 4\text{m}$ ，以保证丝网有足够的拉伸加热时间。牵引辊的转速应可调，且最好用蜗杆蜗轮减速箱。为防止牵引压力不足，丝网回缩或打滑，下面的牵引辊应采用橡胶轮，上面的牵引辊采用钢轮，以增大牵引辊的牵引摩擦力。

9) 牵引速度应平稳，且在 $2 \sim 20\text{m/min}$ 范围内可调。

7.7.4 塑料网挤出成型试模调机

(1) 丝网生产中的操作要求

① 机筒和机头按设定温度升温到位后, 还要保持恒温加热 1h 以上, 使各部位温度稳定均匀。

② 低速起动螺杆转动, 各传动零件运转正常、无异常声响后方可投料。

③ 开始时投料量要少, 且与料门保持一定距离, 然后再在料门口逐渐加大投料量。如电流和电压稳定无波动, 就可正常投料。

④ 挤出丝网后, 检查丝网塑化质量, 按工艺需要可对相关温度再作适当调整。

⑤ 成型的丝条进入冷却水槽降温固化后, 把坯件引入牵引辊。牵引运行正常后, 起动机头模具, 使坯料成型丝网。

⑥ 协调、调整挤出机螺杆转速、模具转速和牵引速度。

牵引速度应等于或略大于模口挤出速度。过快丝变细, 过慢丝又变粗。

调整模具内、外口模转速, 内外口模逆转速度过快, 成型的网眼小, 反之网眼大。根据需要随时调整水槽内液面高度。液面与模具距离过大, 网丝容易粘在拉伸筒上; 距离过小, 网丝降温固化快, 难以拉伸。

(2) 塑料网辅机操作要点 塑料网成型用辅机与单丝和扁带生产用辅机基本相同, 同样包括冷却水槽、拉伸加热装置和制品的卷取装置。两者不同之处是: 当采用圆网成型模具时, 在距成型模具 60 ~ 120mm 处, 有一个与模具芯棒通过丝杆连接的拉伸筒 (见图 7-41), 这个拉伸筒的作用是把从模具挤出的丝网坯进行拉伸和冷却。

如果要得到与机头不同的尺寸, 可通过连接丝杆调节塑料网的拉伸度和冷却状态; 如果要生产不同直径的丝网, 得到不同幅宽的网制品, 可更换相应规格的拉伸筒。如果采用平丝网成型模具, 在辅机中应选用三辊压光结构型式的牵引辊, 且从模具中挤出的丝网坯还要先经过风冷降温定型, 然后再进入牵引辊。

(3) 工艺参数对网格的影响

① 当机头旋转速度与牵引丝网速度相等时, 内、外模同时相互逆转, 丝网成型为菱形网。此时若内模或外模单独旋转, 丝网成型为矩形网。

② 当牵引速度大于模具旋转速度时, 内外模同时逆转, 丝网成型为斜菱形。此时若内模或者外模单独旋转, 丝网成型为斜格网。

③ 挤出速度。在正常条件下, 如其他条件不变, 加快挤出速度, 网丝变粗, 网格增大。

④ 模具旋转速度。在正常情况下, 模具旋转速度变慢, 网节增大, 网丝夹角变小, 网丝增粗。

⑤ 牵引速度。加快牵引速度, 会使网丝变细, 并改变网格形状。

⑥ 模口孔的形状和数量。孔的形状决定网丝的形状, 孔多网格变小, 孔少网格变大。

⑦ 定型套。当定型套直径大于口模直径时, 网格径向网节间距增大。

⑧ 拉伸倍数。拉伸倍数不同, 网格的大小和网丝的粗细也不同。

(4) 塑料网典型产品试模调机

1) 聚乙烯网成型工艺。

① 机筒成型温度。用国产 HDPE-5000S 型树脂时, 机筒各段温度为加料段 140 ~ 170℃,

塑化段 180 ~ 210℃, 均化段 220 ~ 250℃, 机头连接段温度为 240 ~ 260℃, 口模温度为 240 ~ 250℃。用国产 HDPE 与 LDPE 树脂混合料 (各占 50%) 时, 加料段温度为 120 ~ 160℃, 塑化段温度为 170 ~ 200℃, 均化段温度为 200 ~ 230℃, 口模温度为 210 ~ 220℃。

② 冷却水槽温度为 30 ~ 40℃

③ 拉伸筒直径。拉伸筒直径应控制在口模直径的 1 ~ 3 倍。

④ 热拉伸水槽。如果丝网需要拉伸, 热拉伸水槽中的水温为 100℃。

⑤ 丝网拉伸倍数。如果丝网需要拉伸, 丝网出热水槽后的拉伸倍数应控制在 3 ~ 5 倍。

2) 聚乙烯发泡网成型。

① PE 发泡网特点。聚乙烯发泡网与聚乙烯丝网所用挤出设备、生产工艺及相关参数基本相同, 不同之处是所用主料低密度聚乙烯树脂中的熔体流动速率应控制在 0.3 ~ 1g/10min, 此外它的辅料也有变化。如在低密度聚乙烯树脂中加入 AC 类化学发泡剂偶氮二甲酰胺等, 或者加入碳酸氢钠等物理发泡剂。同时为使发泡孔均匀、细密, 在原料配方中还加入了交联剂聚丁二烯或聚丁二烯苯乙烯胶乳等辅助材料。这些辅料加入低密度聚乙烯主料中, 经均匀混合后即可挤出成型发泡网。其次, 生产聚乙烯发泡网的挤出压力要大, 这样可使熔融料对气体的溶解度增加, 成核数增多, 制得的发泡体的密度和平均孔径较小。最后要注意严格控制发泡温度, 才能得到理想的发泡产品。

聚乙烯发泡网是一种质轻而富有弹性的塑料发泡制品。这种发泡网大量用于苹果、梨、桃和瓜类水果, 以及陶瓷、玻璃制品、精密仪器等的包装。用发泡网包装这些物品有防振或减振的作用, 在包装易破碎、易损坏的商品时可发挥较大作用。

② 原料选择。成型发泡网应选用熔体流动速率为 0.3 ~ 1.0g/10min 的低密度聚乙烯树脂为主的原料。原料配方 (质量份): 低密度聚乙烯, 100 份; 碳酸氢钠发泡剂, 8 份; 聚丁二烯交联剂 10 份。

③ 生产设备。发泡网挤出成型设备可选用 PE 料通用型单螺杆挤出机, 螺杆直径为 45mm 和 65mm, 长径比 $L/D \geq 20$ 。最好选用螺杆前端带有屏障型混炼机头, 这样可以在较低工艺温度条件下提高原料的塑化质量。

机头结构与普通丝网机头结构相同, 采用旋转头式结构。拉伸筒直径为 60 ~ 300mm。

发泡网的牵引速度应与发泡网从成型模具口挤出的速度匹配。在生产工艺要求的运行速度范围内, 牵引装置要无级调速。

④ 聚乙烯发泡网工艺参数。

a. 机筒温度。加料段为 90 ~ 110℃, 塑化段为 120 ~ 140℃, 均化段为 140 ~ 160℃。

b. 机头成型温度为 150 ~ 160℃。

c. 机头口模旋转速度一般控制在 1 ~ 25r/min, 定型套直径为口模直径的 1 ~ 3 倍。

d. 冷却水温度为 30 ~ 50℃, 口模距水面的距离为 50mm, 拉伸温度为 90 ~ 100℃, 拉伸倍数为 5 ~ 7 倍。

e. 牵引速度一般控制在 0.4 ~ 2.5m/min。

⑤ 工艺操作要点。

a. 原料塑化工艺温度对制品成型质量影响较大。温度过低, 原料塑化不充分, 各种辅料混合不均匀, 使制品发泡不均; 温度过高, 塑化后的熔融料黏弹性下降, 易出现大气泡或气泡破裂, 制品不合格。

b. 挤塑熔融料的压力增大, 则熔融料对气体的溶解度增加, 成核数增多, 所得发泡体的比例与平均孔径都较小。

c. 改变发泡剂的用量会改变制品密度的大小。不同种类的发泡剂用量是不同的, 要根据发泡制品发泡量的要求, 选择合理的配比。发泡剂用量太多, 气泡会破裂; 发泡剂用量太少, 制品发泡不充分, 不能起到包装保护作用。发泡剂用量要在应用中作调整, 以选出最佳配比。

d. 聚乙烯发泡网的物理性能见表 7-14。

表 7-14 聚乙烯发泡网物理性能

物理性能	指 标	物理性能	指 标
密度/(g/cm ³)	0.128	压缩性	0.015
发泡孔径/mm	大孔 $a=0.5, b=0.47$ 小孔 $a=0.35, b=0.31$	回弹性(单结) /(mm/g)	0.15/50, 0.35/100, 0.88/200, 1.54/400
泡孔分布/(个/ 10mm ²)	49(大小及分布都应均匀, 隔膜为蜂窝状)	拉力/N	单根 25, 整幅 902
		结点粘接力/N	25

注: 1. 发泡孔径中 a 表示横向尺寸, b 表示纵向尺寸。

2. 回弹性表示对发泡网用一定重量物体在一定高度冲击并移除后, 发泡网恢复原状的能力和程度, 其中分子表示回弹高度 (mm), 分母表示冲击物重量 (g)。

(5) 塑料挤出网 (及发泡网) 生产中的异常现象、原因分析及解决方法 (见表 7-15)

表 7-15 塑料挤出网 (及发泡网) 生产中的异常现象、原因分析及解决方法

异常现象	原因分析	解决方法
网格大小不均匀	①挤出速度不均匀 ②牵引速度不稳定 ③机头相对旋转速度不稳定 ④水温控制不当	①调整挤出速度 ②调整牵引速度 ③调整机头旋转电动机 ④调整循环水量, 使温度适当
网节强度低	①机头温度过低 ②机头旋转过快 ③所用原料不当	①提高机头温度 ②调节机头旋转速度 ③选择合适原料
网易断裂	①机头温度过高或过低 ②冷却不足 ③拉伸速度过快 ④机头内有焦烧物	①调节机头温度至适当 ②加强冷却 ③调节拉伸速度 ④清理机头口模
网丝过细	①口模温度过高 ②拉伸速度过快 ③拉伸倍数过大	①降低口模温度 ②降低拉伸速度 ③减少拉伸倍数
网孔隔膜 (即糊网)	①内外模唇间配合精度差 ②模芯没有紧固 ③机头温度太高 ④原料熔体流动速率太大	①重新加工基准面, 提高配合精度 ②紧固模芯 ③降低机头温度 ④换用熔体流动速率小的原料
网丝断股	①原料塑化不均 ②熔体中有晶体 ③过滤网堵塞 ④原料中杂质过多	①提高塑化温度 ②换用熔体流动速率大的原料 ③更换滤网 ④更换原料

(续)

异常现象	原因分析	解决方法
网丝内有气泡	①原料中含有水分 ②挤出温度过高,物料分解	①干燥原料 ②降低挤出温度
网色泽不均	①色母料分散不均 ②色母料配比不合理 ③挤出温度过低 ④挤出机转速过快	①增大分散性,加大搅拌时间 ②调节色母料配比 ③提高挤出温度 ④适当降低挤出机转速
网股粗细不均	①机头沟槽内有杂质 ②冷却水温度过高 ③挤出或牵引速度不稳定 ④水面距离机头太远	①停车清理机头沟槽 ②加大冷却水循环量 ③检修控制电器或仪表 ④调整溢流管高度,升高水位
发泡网泡孔大小不均匀	①发泡剂分散不均 ②温度过低,塑化不良 ③温度过高,气体逸出	①加强混合的均匀性 ②适当提高挤出温度 ③降低挤出温度

(6) 塑料网挤出辅机完好标准

- 1) 传动装置运转正常,变速平稳,无异常声响和振动。
- 2) 减速箱的润滑管路畅通,油质合格,油量适中,油标醒目,无漏油。
- 3) 各辊筒转动灵活,转速达到设计要求,表面无严重磨损、锈蚀。
- 4) V带、链条的松紧度适度,传动平稳。
- 5) 卷曲机摆杆上下运动自如,无窜动,制品卷绕平稳。
- 6) 电器元件齐全、完好,仪表指示准确,加热元件齐全完好。
- 7) 电动机温升不超过电动机铭牌规定,调速平稳。
- 8) 气动元件齐全完好。
- 9) 设备外观整洁,无黄袍,无油垢,铭牌齐全、清楚。
- 10) 随机附件齐全,保管妥善。

7.8 塑料条机头设计及试模调机

7.8.1 聚丙烯密封条挤出成型

(1) 聚丙烯密封条概述 聚丙烯密封条是塑料密封条中用得最多的一种,具有强度好,电性能和化学性能稳定,耐磨、耐振动,防湿性好,质量轻等特点,改性后的聚丙烯密封条还具有耐寒、耐高温及外形尺寸稳定性好的特点。

聚丙烯密封条主要用于两个零件结合处的静止密封。如管道、机械零件和建筑构件等的相互间的承插结合部位密封。通过密封可阻止内、外部的介质(如液体、气体或尘埃)泄漏或浸入,防止机械振动或绝缘等。

(2) 原料选择 成型用原料主要是聚丙烯树脂,根据密封条的应用环境,还可在树脂中加入一定比例的抗氧剂、稳定剂及填料等辅料。聚丙烯密封条成型用原料配方(质量份)如下:

1) 聚丙烯配方一。聚丙烯(PP),100份;滑石粉,40份;氯化石蜡,5份;二月桂酸二正丁基锡,1份。

2) 聚丙烯配方二。聚丙烯 (PP), 100 份; 聚异丁烯 (PIB), 5 份; 氧化锌, 15 份; 防老剂 (MP), 1.5 份; 抗氧剂 (264), 0.3 份; 抗氧剂 (1010), 0.5 份; 密胺, 0.3 份; 硬脂酸锌 (ZnSt), 0.5 份。

(3) 生产线设备

- 1) 混合机。可选用普通结构的混合搅拌机, 把计量后的各种原料混合均匀。
- 2) 造粒用挤出机。螺杆长径比为 20, 压缩比为 3。
- 3) 单螺杆挤出机。可用 PP 树脂塑化的专用挤出机, 螺杆直径为 45mm, 长径比 ≥ 20 。
- 4) 机头。与打包带机头相似, 只是口模型腔必须与密封条形状一致。只要口模型腔与制品截面形状相同, 且留有拉伸收缩量, 一个机头可生产多种规格尺寸的密封条。
- 5) 冷却水槽和牵引机都与打包带辅机相同。

(4) 成型工艺

1) 成型方法。聚丙烯密封条挤出成型方法简单, 先把主料和辅料按配方要求分别计量后, 在混合机混合均匀再投入挤出机混炼造粒, 塑化熔融后由机头挤出成型, 经水槽冷却定型后再收卷即可成型密封条制品。其工艺流程如下: 原料与辅料分别计量→掺混在一起放入混料机混合均匀→投放挤出机混炼造粒→把粒料再投入挤出机塑化熔融成流体→机头模具成型制品坯→进入水槽冷却定型→制品牵引→收卷成捆→验收入库。

2) 工艺温度。机筒加料段温度为 150 ~ 170℃, 塑化段温度为 170 ~ 190℃, 均化段温度为 190 ~ 210℃。机头模具温度为 190 ~ 200℃。冷却定型水槽中水温要保持在 20 ~ 40℃。

7.8.2 聚氯乙烯密封条挤出成型

(1) 聚氯乙烯密封条概述 PVC 塑料密封条截面可以有多种形状, 其原料大多是软质 PVC 塑料。它是利用密封条的弹性与接触部位产生的接触压力来实现对接触部位的密封。这里介绍耐油聚氯乙烯密封条的成型方法。这类密封条大多用在汽车和机械零件的结合面的密封, 属于静止密封。

(2) 原料准备 PVC 耐油密封条的原料是以悬浮法 PVC-SG2 型树脂和丁腈橡胶共混料为主料, 再加入一定比例的增塑剂、稳定剂及其他辅料组成。

PVC 密封条挤出成型用料配方 (质量份): 聚氯乙烯 (PVC-SG2), 70; 丁腈橡胶 (NBR-26), 30; 炭黑, 15; 邻苯二甲酸二辛酯 (DOP), 45; 硬脂酸钙 (CaSt), 0.55; 防老剂 264 (BHT), 0.5。

(3) 成型工艺

1) 丁腈橡胶块要先切成片, 再在开炼机上炼塑, 塑化均匀后加入炭黑, 再进行混炼, 直至掺混炼塑均匀, 才可切片下辊收卷。

2) 把聚氯乙烯树脂及稳定剂等辅料按配方计量, 加入高速混合机内, 把原料混合均匀, 掺混搅拌后料温控制在 125℃。

3) 把混合均匀的 PVC 树脂料投入到开炼机上, 在辊筒温度为 170℃ 条件下, 把 PVC 树脂料混炼成片。然后加入混炼后的黑橡胶片上辊, 与 PVC 树脂料掺混, 再继续炼塑, 直至两种材料混炼均匀, 切成有一定宽度的长片, 下辊冷却收卷。

4) 把混合料片用切粒机切粒。

5) 把粒料投入到挤塑 PVC 料通用型单螺杆挤出机内塑化, 选用密封条要求的截面形状

异形材机头挤出成型制品，经冷却定型后即是 PVC 密封条制品。

聚氯乙烯树脂与丁腈橡胶共混料在挤出机筒内塑化温度比挤塑 PVC 料塑化温度略低。成型料温应控制在 120 ~ 130℃。温度的调控要根据用料配方、螺杆结构和工作转速等实际情况决定。

7.8.3 聚氯乙烯焊条挤出成型

(1) 聚氯乙烯焊条概述 聚氯乙烯焊条是以悬浮法 PVC 树脂为主原料，用单螺杆挤出机把原料塑化熔融后，从成型模具口挤出成型的一种圆柱形制品。聚氯乙烯焊条挤出成型生产线如图 7-46 所示。

聚氯乙烯焊条的直径为 2 ~ 4mm。另外还有一种截面形状如图 7-47 所示的双焊条。双焊条的规格尺寸为：

$d = 2\text{mm}, 2.5\text{mm}, 3\text{mm}; t = 4.0\text{mm}, 5.0\text{mm}, 6.0\text{mm}。$

聚氯乙烯焊条主要用作把 PVC 硬板制品焊接组合成槽、罐等容器时的焊接材料。

(2) 生产线设备 聚氯乙烯焊条的挤出成型生产方式和不用真空定型的小管生产方式相同：经挤出机把原料塑化成熔融态后，从口模挤出圆柱形条状料坯，再经水槽冷却定型后，牵引并切断成为制品。

1) 挤出机。塑料焊条挤出机一般为小型机，可以选用螺杆直径小于 45mm 的通用型挤出机。

2) 成型模具。焊条成型模具的结构特点是熔料空腔不断缩小、不允许有料流扩大的截面。由于焊条挤出成型用料量小，模具特点就是料流阻力较大，并且应注意成型段不宜过长。焊条成型模具如图 7-48 所示。

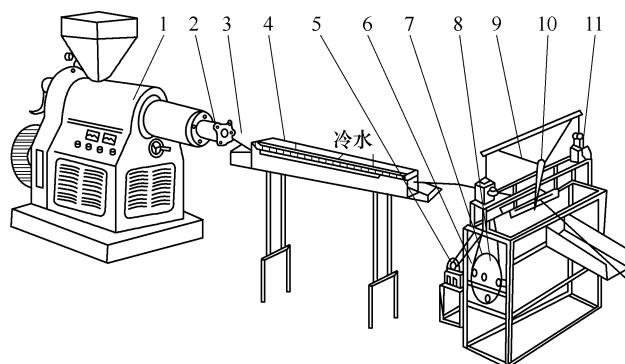


图 7-46 聚氯乙烯焊条挤出成型生产线

1—单螺杆挤出机 2—成型模具 3—焊条 4—水槽 5—电动机
6—继电器 7—凸块 8—转盘 9—连接链 10—切刀 11—磁铁

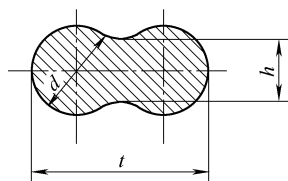


图 7-47 双焊条的截面形状

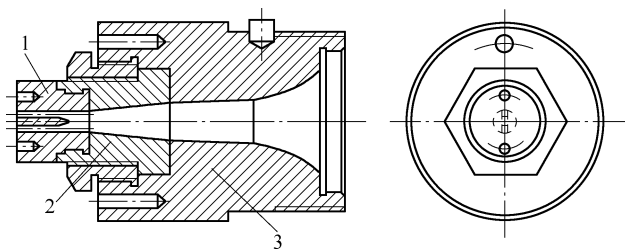


图 7-48 焊条成型模具

1—口模 2—中套 3—模具体

(3) 原料选择 聚氯乙烯焊条主要选用悬浮法 PVC-SG4 型树脂，再加入一定比例的增塑剂、稳定剂和润滑剂组成原料配方。参考配方（质量份）如下：

聚氯乙烯（PVC-SG4），100 份；邻苯二甲酸二辛酯（DOP），7 份；三碱式硫酸铅（3PbO），5 份；硬脂酸钡（BaSt），2 份；石蜡，0.5 份。

(4) 成型工艺

- 1) 塑料焊条挤出成型应采用粒料投入挤出机生产。料粒是按配方要求搅拌混合造粒而成的。
- 2) 挤出成型焊条时机筒各段温度分别为加料段 90 ~ 120℃, 塑化段 130 ~ 160℃, 均化段 160 ~ 180℃。
- 3) 机头模具温度为 160 ~ 170℃。
- 4) 如果选用螺杆直径为 45mm 的挤出机, 螺杆转速应为 20r/min。

(5) 工艺操作要点

- ① 装机头时必须在机筒前加装 80 目过滤网 2 ~ 3 层, 以阻止杂质进入型腔。
- ② 塑料焊条表面粗糙或有拉皮现象, 主要是熔料温度过高所致, 应适当降低机筒温度或降低螺杆转速。
- ③ 如果塑料焊条表面暗淡无光泽, 或有白色颗粒, 说明原料塑化不均匀, 此时应提高机筒加热温度。
- ④ 制品出现空心现象, 一般是由于熔料温度过高所致, 应适当降低机头模具温度。
- ⑤ 制品不圆, 主要是口模温度过高引起的, 应降低口模温度。
- ⑥ 为防止制品出现空心现象, 在制品进入水槽冷却前可采用 50 ~ 70℃ 热水喷淋方式降温, 而不急速冷却。待过渡后再浸入水槽冷却。注意: 冷却水的温度过高或过低, 都容易使制品出现空心现象。

7.8.4 高聚合度 PVC 门、窗密封条挤出成型

(1) 原材料配方 (质量份)

PVC (P2500) 树脂, 100; 磷酸盐吐温缓冲液 (PbSt), 2; 邻苯二甲酸二丁酯 (DBP), 40; 硬脂酸钙 (ZnSt), 0.5; 邻苯二甲酸二丁酯 (DOP), 40; 石蜡, 1; 增塑剂 (M-50), 30; 轻质碳酸钙, 50; 硬脂酸镉 (BaSt), 2; 炭黑, 3。

(2) 生产线设备 原材料配混可用低速捏合机或高速捏合机, 加热方式为电加热或蒸气夹套加热。造粒和挤出成型都可选用 $\phi 45\text{mm}$ 或 $\phi 65\text{mm}$ 挤出机, 螺杆长径比为 20 ~ 25, 压缩比为 2.4 ~ 2.6, 转速为 30 ~ 40r/min。机头采用直角式模口向下以利于成型。

(3) 生产工艺

1) 原材料配混工艺。捏合工艺采用低速捏合机, 转速为 60r/min。采用蒸气夹套加热, 温度为 120℃, 捏合时间为 15 ~ 20min。加料顺序是先将树脂加入捏合机中, 再加入粉状热稳定剂及炭黑, 待搅拌均匀后再加入增塑剂, 并开始加热搅拌。待树脂吸收增塑剂并其本膨化后再加入填料, 搅拌均匀后就可以出料了。

2) 造粒工艺。用 $\phi 65\text{mm}$ 单螺杆挤出机造粒, 螺杆长径比 $L/D = 20 \sim 25$, 压缩比为 2.6, 转速为 35r/min。机筒温度分别为加料段 100 ~ 120℃, 压缩段 130 ~ 140℃, 均化段 140 ~ 150℃。机头口模温度为 140℃。

3) 挤出工艺。选用 $\phi 65\text{mm}$ 单螺杆挤出机, 长径比为 20, 压缩比为 2.6, 转速为 36r/min。加料段温度为 100 ~ 120℃, 压缩段温度为 130 ~ 140℃, 均化段温度为 150 ~ 160℃, 机头口模温度为 150 ~ 160℃。

(4) 生产中注意事项

- 1) 因增塑剂、填充剂加入量大, 捏合过程中要注意使料分散均匀。刚加入增塑剂时物

料呈糊状，这时不能马上加入粉状填料，否则填料会吸油结块无法分散均匀，应待树脂吸收增塑剂并膨化后才能加入填充剂。

2) 因增塑剂的量大，造粒时应注意控制好造粒温度及冷却温度，防止熔融料发黏不易成型为粒状。

3) 采用 P2500 树脂的物料收缩率比普通软 PVC 大，口模也要适当放大，同时口模平直段的长度还要足够长，太短不能保证成型尺寸的稳定性和表面光亮度。

4) 挤出成型较复杂的密封条时，特别是带有孔腔的结构，要防止塌孔。机头设计时应采用直角式机头且模口朝下，这样既有利成型又不会塌孔。

7.8.5 采用 DOA 增塑剂的高相对分子质量 PVC 门、窗密封条挤出成型

(1) 原材料配方

1) 主要原材料的选择。密封条是软质产品，主要功能是密封。用聚合度为 P2500 的高相对分子质量的 PVC 生产出的密封条不仅密封性能好，还耐低温。

2) 其他助剂的选择。

① 增塑剂 DOP 增塑效率高，价格便宜，加入量可在 40 ~ 60 份。DOA 增塑剂耐寒，具有低温柔软性、耐光性、润滑性，制品手感好，但价格高，加入量可少些，一般为 20 ~ 30 份。这两种增塑剂与 PVC 树脂的相容性好，增塑速度快，耐久性好。

② 润滑剂。加入润滑剂的目的是在挤出过程中减少分子与分子之间的内摩擦力及物料与螺杆机筒的外摩擦力。加入量应控制在内润滑剂为 1.5 ~ 1.6 份，外润滑剂为 1.0 ~ 1.2 份。

③ 稳定剂。三碱式硫酸铅（三盐）热稳定性好，应用广，二碱式亚磷酸铅（二盐）热稳定性、耐着色性、耐候性好，价格低。加入量为三盐 5 ~ 6 份，二盐 3 ~ 4 份。

④ 填充剂。一般选用碳酸钙，目的是降低成本，提高制品的刚性和耐热性、耐候性，增加尺寸稳定性，又有利于挤出定型。一般加入量为 40 ~ 50 份。

⑤ 着色剂。一般加入黑色（炭黑）。它具有耐光、耐热、遮盖力强、不易迁移、价格低等特点，使用非常广泛。

(2) 生产工艺

1) 生产工艺流程。采用 DOA 增塑剂的高相对分子质量 PVC 密封条生产工艺流程如图 7-49 所示。

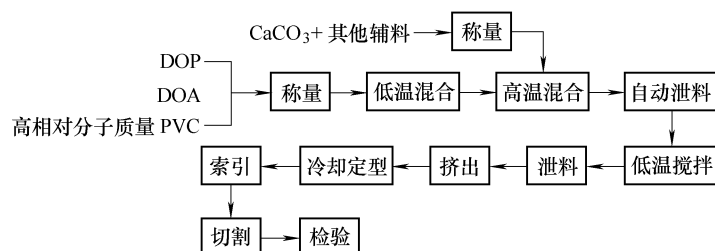


图 7-49 采用 DOA 增塑剂的高相对分子质量 PVC 密封条生产工艺流程

2) 原料混合工艺。将高相对分子质量 PVC、DOP、DOA 加入混合机中，进行充分混合，使树脂中大分子间作用力形成的物理缠结点，被增塑剂 DOP 和 DOA 的分子与大分子间产生的物理缠结点所取代，以增大树脂中大分子间的距离，使大分子间的作用力降低，增加大分子之

间的滑移范围,从宏观上提高熔体的流动性和热混时的混合效果,提高制品柔韧性。

在高温混合后期加入剩余的辅料和 CaCO_3 等。这是由于外润滑剂石蜡熔点低,早期加入石蜡会蒸发,还会阻碍 PVC 颗粒的重新组合及吸收其他助剂,降低致密度、均化度和凝胶化速率。

3) 挤出工艺。加工密封条的方法有两种,一是用开炼机将物料混合均匀,加工成片再挤出密封条,这种方法效率较低;二是采用单螺杆挤出机直接用粉料挤出成型,实现连续生产,这种方法效率较高。

4) 工艺参数。

① 挤出温度。机筒加料段温度为 $120 \sim 140^\circ\text{C}$, 过渡段温度为 $140 \sim 150^\circ\text{C}$, 塑化段温度为 $150 \sim 160^\circ\text{C}$, 均化段温度为 $160 \sim 170^\circ\text{C}$, 机头连接段温度为 $170 \sim 180^\circ\text{C}$, 口模温度为 $170 \sim 180^\circ\text{C}$ 。

② 主机转速与牵引速度的关系。牵引速度应稍大于挤出速度。如果牵引速度快,挤出速度慢,密封条会被拉断、拉裂;反之若挤出速度快,牵引速度慢,在机头与定型模之间会形成堆料积压。挤出机头与定型模的距离也非常重要,如果距离太近,制品壁厚会过大;如果太远,由于拉伸过长,壁厚会过小。

7.8.6 电冰箱塑料门磁性密封条挤出成型

(1) 原材料准备

1) 氯化聚乙烯 (CPE)。含氯量应为 $28\% \sim 30\%$ 。

2) 磁粉。磁粉是决定塑料磁性能的主要原料。铁氧体磁粉属六角晶系磁铅石型晶体结构,其磁性能是由晶体的完整性所决定的。因此,导致晶体破碎或结构不完整的任何因素都会促使磁粉性能下降。磁粉的粒径及其分布是衡量磁粉结构的一个重要指标。铁氧体磁粉粒径为 $1 \sim 1.2\mu\text{m}$ 时,磁性能最佳,因为此值与磁畴尺寸相等。当磁粉粒径大于或小于磁畴尺寸时,磁性能都会下降。

3) 增塑剂。邻苯二甲酸二辛酯 (DOP) 与环氧大豆油 (ES-BO) 都可以作为增塑剂使用。DOP 和 CPE 有很好的相容性,而 ES-BO 还兼有稳定剂的作用。

(2) 生产设备

1) 高速混合机。

2) 二辊塑炼机。

3) 切料机。

4) 挤出机。挤出机的螺杆长径比和压缩比都应比常规挤出机小。

5) 机头与定型模。按板式异型材设计机头,真空定型模比常规定型模短,真空量也小。因密封条是软质料,不需要长定型和大的真空度。

(3) 成型工艺

1) 工艺流程。电冰箱塑料门磁性密封条生产工艺流程如图 7-50 所示。

2) 磁粉表面处理。取适量表面处理剂对磁粉表面进行处理。

3) 混合与炼塑。将磁粉、CPE、DOP 等按比例加入高速混合机内高速搅拌 $6 \sim 8\text{min}$, 然后取出在二辊塑炼机上塑炼,制成薄片,再经切料机切成颗粒。

4) 挤出成型。在特制的挤出机上成型加工,该挤出机比常规挤出机的螺杆长径比、压

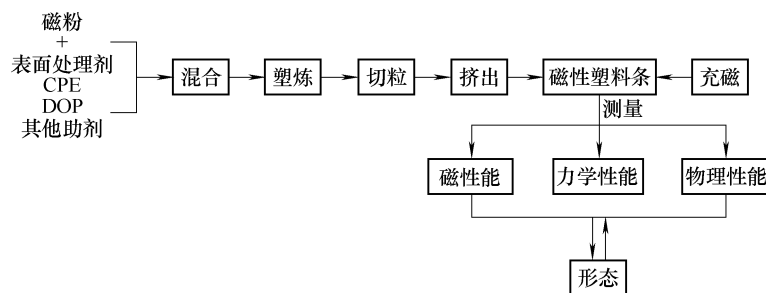


图 7-50 电冰箱塑料门磁性密封条生产工艺流程

缩比都要小。

5) 充磁。挤出成型的磁性塑料密封条不具有磁性，还要通过磁化过程，即充磁后才具有磁性。充磁方式是采用电容脉冲放电方式对磁性密封条进行充磁。

6) 磁性能。塑料在磁性密封条中的作用仅是粘接磁粉，所以为了提高磁性能，应尽量减少塑料的含量，增加磁粉的填充量。实践证明，当磁粉量超过 86% 时，磁性塑料密封条具有最好的磁性能。

7.8.7 仿藤条挤出成型

(1) 仿藤条概述 仿藤条在日常生活中应用非常广泛，如靠背椅、条椅、条凳、花篮、背篓以及家具类的桌子、折叠活动床等。

(2) 原材料准备 通常采用少量 PP 或 PE 新料，加大量回收造粒料，再加配一些颜色作底色，用一台或两台辅机配好颜色挤出成型。一些强度要求高的藤条中间还包覆铁线芯。当使用的回收造粒料较多时，挤出主机要在机筒出料口与机头连接段加装快速换网装置，以方便换网和清洗，有时也在机头中设计过滤网快换机构。

(3) 生产设备 由主挤出机、加色辅挤出机、机头、冷却水槽、轮式牵引机、收卷机等组成。加两色仿藤条挤出成型生产设备如图 7-51 所示。

(4) 成型工艺 因回收造粒料多，变化大，成型温度、挤出速度和牵引速度都要在调试过程中，根据具体情况决定，且及时调整。

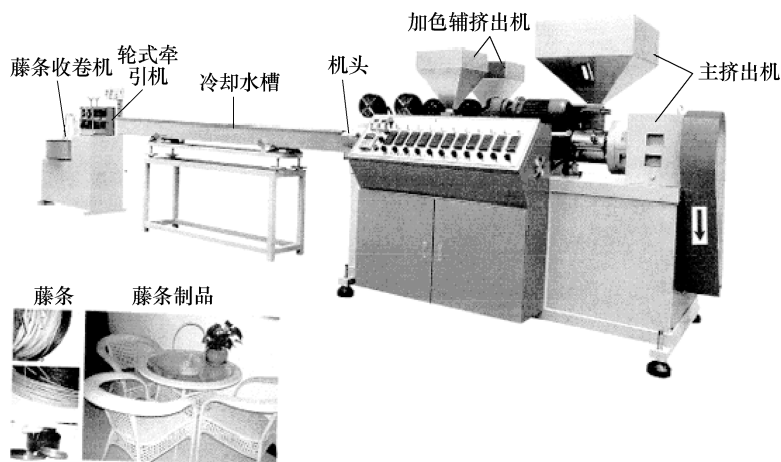


图 7-51 加两色仿藤条挤出成型生产设备

第 8 章 电线、电缆、管线包覆机头设计与试模调机

8.1 电线、电缆包覆机头设计及试模调机

塑料电线电缆是指用塑料作电线电缆的绝缘层、护套层的电线电缆，它广泛用于电力传输、照明、动力机械、通信及控制信号等许多方面。

塑料电线电缆所用塑料的品种繁多，按原料分有聚氯乙烯、聚乙烯、聚丙烯、聚酰胺和聚苯乙烯等；按耐热温度分又有普通绝缘级、耐热级、耐寒级；按用途分有通信电线、电缆，输电绝缘电线、电缆，还有低压、高压电线、电缆，电线、电缆护套等。

图 8-1 所示为电线电缆包覆挤出成型工艺流程，其生产设备包括送线装置、调直加热装置、挤出机、机头、冷却装置、牵引装置、卷取装置。

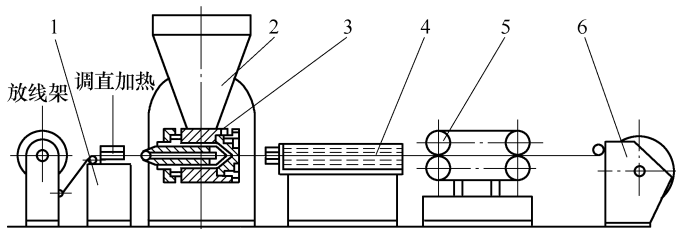


图 8-1 电线电缆包覆挤出成型工艺流程

1—送线装置 2—挤出机 3—机头 4—冷却装置 5—牵引装置 6—卷取装置

电线、电缆包覆一般都是包覆铝线、铜线，铝、铜线作为导电线芯，外包塑料作为绝缘层，线芯既有单股，也有多股绞制在一起的。此外还有包覆铁线用于制作铁线衣架和阳台隐形网，包覆绳子用作晒衣绳，软管包铁线用作医用胃、肠插管，仿藤条包铁线用于编织床垫、坐椅垫以增加强度和承载能力。线缆覆层挤出机头又称包覆机头，这种机头是将金属线连续包覆一层塑料并随之定型，其定型装置一般都非常简单。

塑料具有良好的电气绝缘性和一定的机械强度、耐热性、耐老化性，加工生产容易，是最理想的电绝缘材料。塑料的绝缘层越厚，线缆的绝缘性就越好，机械强度也越高。但太厚散热性能差，柔软度也差。电缆的覆层是多股电线的外护层，其作用是保护内层电线不受损伤和防止潮气侵入，防止酸、碱等化学物侵蚀。

8.1.1 电线、电缆包覆原材料准备

(1) 聚氯乙烯电缆料 塑料电线、电缆的结构是铜、铝金属线作线芯，外面用挤塑方法包覆一层塑料作绝缘护套层。聚氯乙烯电缆料由聚氯乙烯树脂、增塑剂、稳定剂、填充剂、润滑剂、抗氧剂、着色剂等组成。聚氯乙烯电缆料的耐压等级和绝缘电阻比较高，但介电常数和介电损耗较大，一般用作 1000V 以下电缆的绝缘材料。但目前由于技术的进步，

通过添加特种性能的助剂和改性剂,已可用于 6000V 的电缆绝缘上。由于聚氯乙烯塑料具有难燃、耐油、耐老化、耐油、耐电晕、耐化学腐蚀和良好的耐水性能,同时还具有一定的机械强度,因此还广泛用作电线电缆的护套。如果再加一些特种性能助剂和改性剂,还可制造耐热型(105℃级)、耐寒型、耐油型、难燃型、特软型、无毒型的聚氯乙烯电缆料,以适应特殊电线、电缆的需要。

聚氯乙烯电线、电缆配方(质量份)。

绝缘级: PVC SG2, 100; DIDP, 45; 3PbO, 3; 2PbO, 3; PbSt, 0.3; BaSt, 1。

普通绝缘级: PVC SG2, 100; DIDP, 30; 3PbO, 3; 2PbO, 3; PbSt, 1.5; CaSt, 0.5; M-50, 15; 氯化石蜡, 20; CaCO₃, 5; 煅烧陶土, 5。

耐热级电缆料: 耐热级电缆料配方 1: 高电性能 PVC SG1, 100; 偏苯三酸三辛酯(TOTM), 42; 3PbO, 6; CaSt, 1.5; 双酚 A, 0.3; 煅烧陶土, 5。

耐热级电缆料配方 2: 耐热级 PVC SG1, 100; TOTM, 45; 3PbO, 3; 2PbO, 3; PbSt, 1; 双酚 A, 0.5; 煅烧陶土, 5。

护层耐热(105℃级): PVC SG2, 100; TOTM, 60; 二盐基性林苯二甲酸铅, 8; BaSt, 1; PbSt, 1; 双酚 A, 0.5。

护层普通(70℃级):

PVC SG3, 100; DIDP, 35; DOS, 10; TCP, 10; 3PbO, 3; 2PbO, 3; BaSt, 2; CaCO₃, 2。

护层柔软(70℃级): PVC SG3, 100; DIDP, 30; DOS, 30; BaSt, 3; CdSt, 2; 环氧酯(ED3), 6; 双酚 A, 0.3。

护层耐寒(70℃级): PVC SG3, 100; DIDP, 10; DOS, 30; 烷基磺酸苯酯(M-50), 20; 氯化石蜡, 10; 3PbO, 3; 2PbO, 4; CaSt, 1; PbSt, 1; 双酚 A, 0.5; CaCO₃, 5。

(2) 聚乙烯电缆料 聚乙烯电缆料主要是用密度为 0.92g/cm³、熔体流动速率为 0.25g/10min 的聚乙烯树脂,再加入一定比例的辅料(如炭黑、抗氧剂等),混合均匀后经塑化密炼造粒而制成,主要用于电线电缆的绝缘保护层。

聚乙烯的体积电阻系数高,耐压性能好,介电常数和介电损耗小,且受温度和频率的影响小,可用作高频通信电缆和电力电缆的绝缘材料。又因为聚乙烯的力学性能良好,耐溶剂、耐化学药品、耐水湿性能都很突出,且加入炭黑的聚乙烯的耐大气老化性能好,使用寿命长,因此也是制作电缆覆层的良好材料。聚乙烯的缺点是熔点低,易软化变形,耐环境性能差,收缩率高。但对聚乙烯进行交联后,这些性能都能得到大幅改善,可用作耐热电力电缆的绝缘层。而且在交联聚乙烯中添加填料,还可进一步改善耐热性和耐电晕性。聚乙烯电缆料一般采用低密度聚乙烯,熔体流动速率为 0.25g/10min,密度为 0.92g/cm³。也可在聚乙烯中掺入混聚异丁烯、二元乙丙橡胶或丁基橡胶等,掺混量为每 90 份聚乙烯中加入 10 份(质量份)。这时可选用熔体流动速率为 2g/10min 的聚乙烯。

常用聚乙烯电线、电缆料的配方:

护层用黑色电缆料: LDPE, 100; 抗氧剂 1010, 0.1; 抗氧剂 DLTP, 0.3; 炭黑, 2.6。

辐射交联电缆料: LDPE, 100; 抗氧剂(DNP), 1; 2PbO, 3; 三氧化二锑, 1.5; 交联剂 AD, 1; 氯化石蜡, 1.5; 炭黑, 2.5; 防老剂(DNP), 1。

半导电电缆料: LDPE, 100; 聚异丁烯, 30; 抗氧剂, 0.5; 炭黑, 40~50; 交联剂,

1~2; 硬脂酸, 2~4; 防老剂, 0.5。

发泡电缆料: LDPE, 100; 发泡剂 AC, 1.5; 滑石粉, 1.2。

交联护套料: LDPE, 100; DCP, 1.8; 抗氧剂, 0.1; DSTP, 0.3; 炭黑, 30。

(3) 聚丙烯电缆料 聚丙烯重量轻, 密度只有 $0.9 \sim 0.91 \text{g/cm}^3$, 具有良好的力学性能、耐热性、绝缘性、耐化学腐蚀性和耐环境应力开裂性等优点, 且机械强度大, 适合生产耐高温电缆 (长期工作温度 120°C)、高频电缆、特种电缆等。但是, 聚丙烯在高温下对氧很敏感, 极易氧化而引起老化, 因此在聚丙烯中应加入抗氧剂。常用的抗氧剂为酚类的衍生物。在加入抗氧剂的同时, 还要加入紫外线吸收剂, 以防止聚丙烯的光降解。聚丙烯常用的光稳定剂为 UV531。聚丙烯柔软、耐磨, 可制成较薄的线缆护层, 也可制成深海小直径多芯电缆护层。

由于铜对聚丙烯的老化具有很强的加速作用, 所以除采取用镀锡铜导线和在聚丙烯中添加抗氧剂、紫外线吸收剂以外, 还可采用一些和铜能生成稳定化合物的添加剂。这类添加剂能在反应过程中捕捉生成的活性基团, 如草酸二酰肼, 3-氨基-1、2、4-三氮唑等。

为改善聚丙烯的耐寒性和工艺性能, 可在配方中加入聚异丁烯、天然橡胶、合成橡胶、石蜡、矿物油等与聚丙烯相容性较好的材料以共混改性。聚丙烯电缆料配方如下:

聚丙烯电缆料: PP, 100; 抗氧剂 1010, 0.4; UV531, 0.2; 草酸二酰肼, 0.3。

改性聚丙烯电缆料: PP, 100; 聚异丁烯, 20; 石蜡, 0.1; 矿物油, 0.1; 抗氧剂, 1010, 0.4; UV-431, 0.2; 草酰二酰肼, 0.3。

(4) 其他电缆料 氟塑料的品种很多, 目前用于电缆绝缘的有聚四氟乙烯、聚三氟乙烯、聚全氟乙烯、聚偏二氟乙烯、四氟乙烯和乙烯的共聚物、偏二氟乙烯和三氟氯乙烯的共聚物及三氟氯乙烯和乙烯的共聚物等。氟塑料具有良好的电绝缘性能、耐水和耐化学药品性能, 可用于制造各种耐高温航空导线、油井电缆、地球勘测电线、电磁线、射频同轴电缆等。

聚酰胺也叫尼龙, 由于吸水性好, 不宜作绝缘材料。但聚酰胺的力学性能好、熔点高、耐油性好, 是制作电线电缆护套层的好材料。

8.1.2 电线、电缆包覆工艺流程与生产设备

(1) 工艺流程 电线、电缆包覆挤出成型生产线。该生产线没有用牵引机, 而是通过绞盘牵引电线。如图 8-2 所示。

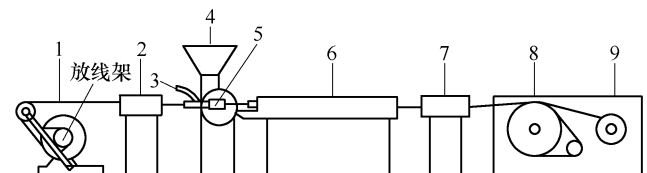


图 8-2 电线电缆包覆挤出成型生产线

1—芯线 2—芯线预热处理 3—抽真空管 4—单螺杆挤出机 5—机头
6—冷却水槽 7—测试仪 8—绞盘 9—卷绕

电线电缆包覆挤出成型工艺流程: 放线装置→芯线调直装置→芯线预热筒→抽真空接管→包覆机头→单螺杆挤出机→冷却水槽→电火花测试仪与外径测试→长度计量→自动排

线→绞盘。(绕圈牵引)→双盘收卷→取盘入库。

通信电缆包覆挤出成型工艺流程:

HDPE 电缆料→预热干燥→

铜线→拉丝→软化→预热→挤出→牵引→电火花检验→外径测试→自动收线→通信电缆

(2) 电线、电缆包覆挤出成型生产设备 电线、电缆包覆挤出成型生产设备如图 8-3 所示, 它由放线架、线盘、导向辊、预热箱、挤出机、机头、冷却水槽、牵引机、收卷机组成。

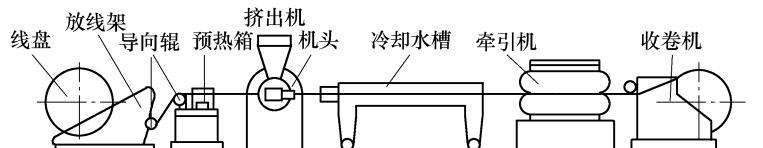


图 8-3 电线、电缆包覆挤出成型生产设备

- 1) 放线装置。芯线从线盘放出后要通过调直压轮组, 把芯线压直再进入预热孔加热。
- 2) 挤出机。一般选用 $\phi 45\text{mm}$ 的单螺杆挤出机, 最大选用 $\phi 65\text{mm}$ 的单螺杆挤出机。螺杆结构为等距不等深渐变型, 长径比 L/D 为 18~25, 压缩比为 3。
- 3) 机头。一般选用直角机头, 便于芯线通过。
- 4) 冷却水槽。冷却水槽长为 3~4m。因线速度较快, 水槽太短冷却时间不够。
- 5) 电火花测试仪。用于检测包覆质量。如果芯线没有包好, 塑料层有针孔或包层过薄绝缘不好, 通过电火花测试仪就会被电击穿产生火花。
- 6) 测径仪。用于光电测径。如果配套安装自动控制软件, 可用牵引速度或挤出压力对应直径变化自动调节参数, 可闭环控制和视屏数据显示。还可安装长度计量装置, 或达到设定长度进行自动切断换卷盘。
- 7) 收卷机。可选用双盘快换式, 实现不停机换卷盘。

8.1.3 电线、电缆包覆机头设计

线芯包覆机头是生产塑料电线电缆的重要设备, 导线芯可以是铝或铜线, 单股线芯直径有 1.76mm、2.24mm、2.73mm 等, 线芯包覆 PE 料后对应包覆塑料线直径为 3mm、3.6mm、4.3mm 等。塑料包覆线缆的成型机头都是直角形的, 如图 8-4 所示。

(1) 压力型机头 压力型机头是当线芯通过机头时, 在机头型腔内, 线芯被聚乙烯熔料均匀包覆, 塑料和金属线紧密黏附成一起, 其口模结构如图 8-5a 所示。这种包覆线主要用于单股绝缘导线, 以及铁线衣架用的包覆线和阳台隐形网用的包覆线。这种包覆方式又叫内包式, 因为它是在机头内型腔进行的包覆, 是非常紧密的粘接。

(2) 管状机头 管状机头成型包覆线的原理是从机头挤出的塑料管状包覆层与金属线芯同心, 塑料管

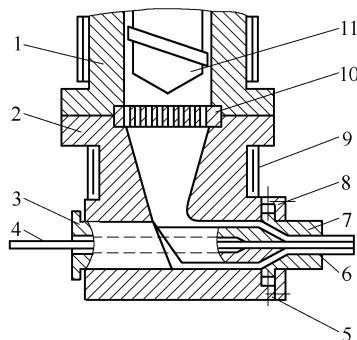


图 8-4 塑料包覆线缆用机头结构
1—机筒 2—模具体 3—芯棒 4—金属芯
5—调节定位螺钉 6—包覆成型线
7—口模 8—压盖 9—电阻加热器
10—多孔板 11—螺杆

状包覆层与线芯之间有一点空隙，因空隙被抽真空，所以塑料管状包覆层完全收缩在线芯上。管状机头口模结构如图 8-5b 所示。管状塑料层起护套的作用，如多股电话线护套、三股照明线护套、四股动力线护套，以及晒衣绳索护套、打捆绳索护套等。

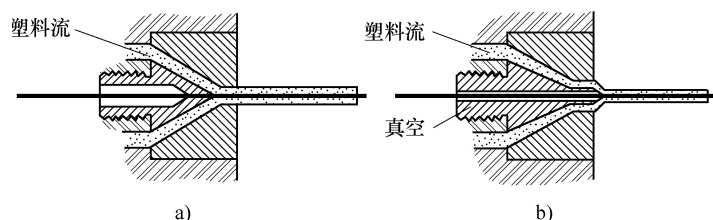


图 8-5 机头口模结构

a) 压力型机头口模结构 b) 管状机头口模结构

不管压力型机头还是管状机头，由于铜线、铝线、铁线是从芯棒嘴高速通过，磨损较严重，所以芯棒嘴多数采用硬质合金镶焊，然后再用电火花打芯棒嘴穿线孔。由于硬质合金耐磨性能优良，使得机头的使用寿命也得到大幅提高。

另一种线缆包覆直角机头结构如图 8-6 所示。其特点是口模可调节包覆层的厚薄偏差，变换口模和分流锥芯棒就可改变包覆生产规格，实现一个机头生产多个规格的产品。由于金属芯线是在分流锥芯棒上摩擦通过，因此分流锥芯棒必须具有高的硬度和良好的耐磨性能，才能确保较长的使用寿命。

直角式机头有利于芯线通过口模。线缆包覆机头成型生产的线速度非常快，供胶量大，熔胶在模内停滞时间短，为使线缆表面粗糙度较低，在生产过程中往往采用较高的加热温度和口模温度。

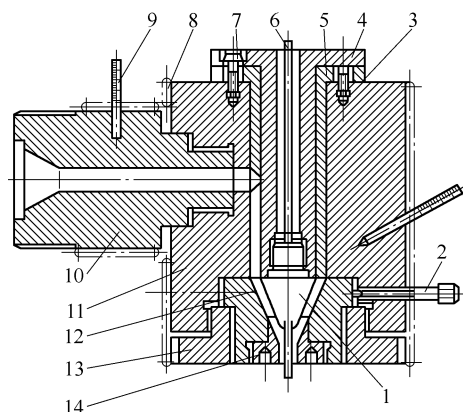


图 8-6 线缆包覆直角机头结构

1—分流锥 2—调节螺钉 3—销钉 4—芯棒
5—模套 6—铜线 7—内六角螺钉 8—加热装置
9—温度计 10—机颈 11—机体 12—口模套
13—锁母 14—口模

8.1.4 电线电缆包覆生产工艺

(1) 原料准备 主要选用密度为 0.92g/cm^3 、熔体流动速率为 $0.25\text{g}/10\text{min}$ 的聚乙烯树脂，加入辅助料抗氧剂、炭黑等，以增强制品的抗老化性能。把主料与辅料混合后造粒。

电缆粒料如果受潮有水分，应先在 80°C 的热风循环烘箱中进行干燥处理后再投产。

金属线芯的线材是成卷的要展卷生产，一般要安装两台展卷机（又叫放线架），以便一台线卷放完后，另一台可及时向挤出机供线，节省时间不停机。放线架设有制动装置，使线盘不会自动放松，用一定的拉力才能牵引出线盘。金属线芯进入机头前应拉直，它是通过多组滚动导轮压直装置完成的。线芯进入机头前还应预热，铜线进模前的预热温度为 $80 \sim 110^\circ\text{C}$ 。预热后的线芯才能保证塑料熔体良好的黏附，并在包覆过程中变形较小。

(2) 工艺流程 用于电力线路的金属线芯有铜和铝两类，其生产工艺流程是放线架→

调直滚轮组→预热箱→机头包塑→水槽冷却→测径仪→电火花测试仪→收卷机（卷绕装置）。放线是双架，收卷也是双盘，才能保证连续生产不停机。

电线包覆速度很快，为了防止产生大量废品，必须检测绝缘包覆层的空隙或缺陷。已包覆的线材在水中呈条状，经过电火花测试，如线材表面包覆不好，有针孔或绝缘包覆层薄弱就会被击穿，这样可根据记录进行处理。如果还装设了测径仪，则还可以根据包覆直径的波动数及时调整工艺参数。

(3) 工艺参数 PVC 包覆线缆如果料粒受潮要先烘干再投料生产。挤出的工艺温度依次为加料段 130 ~ 145℃、塑化段 150 ~ 165℃、均化段 170 ~ 185℃，机头温度为 190 ~ 200℃。温度设置比较高、有三个原因，一是牵引线速度非常高，如果温度低塑化慢，供料跟不上；二是熔融料在机头停滞时间短，高温熔料不易分解；三是高温包覆线缆的表面光亮。

用 HDPE 生产通信电线的工艺参数：铜线芯预热温度为 90 ~ 120℃，机筒温度分四段分别是加料段 160 ~ 180℃、过渡段 190 ~ 210℃、塑化段 220 ~ 240℃、均化段 250 ~ 260℃，连接段温度为 240 ~ 260℃，机头口模段温度为 240 ~ 250℃，牵引速度为 30 ~ 40m/min。滤网的目数和层数为 80 目/120 目/120 目/80 目共四层。放线速度应比牵引速度稍慢，或在放线架上对线盘设置制动鼓，制动摩擦力应可调整。

几种电线、电缆生产时的工艺参数见表 8-1。

表 8-1 几种电线、电缆生产时的工艺参数

材 料		螺杆直径 /mm	螺杆长径比	机头温度 /℃	挤出机机筒温度/℃		
					加料段	压缩段	均化段
PVC 电线 电缆	绝缘级	40 ~ 50	16 ~ 20	175 ~ 185	150	170	180
	护套	40 ~ 50	16 ~ 20	155 ~ 165	140	150	160
交联 PE 电线电缆		45 ~ 65	18 ~ 20	180	150	160	170
PP 高温电线电缆		45 ~ 65	18 ~ 20	200 ~ 210	140 ~ 160	180 ~ 220	220 ~ 240

8.1.5 典型电线、电缆包覆成型试模调机

(1) 聚乙烯粒料包覆成型

1) 原料选择。聚乙烯由甲基构成，成长链对称排列，具有与烷烃相似的结构，分子对称无极性，分子间作用力小，为惰性稳定聚合物，加上吸湿性小，因而具有优异的电绝缘性。此外，聚乙烯介电损耗很低，且耐高压，在隔绝空气加热至 200℃ 时，其电性能仍变化很小。线缆包覆所用原料主要选用密度为 0.92g/cm³、熔体流动速率（MFR）为 0.25g/10min 的聚乙烯树脂。因纯聚乙烯的耐大气老化和日光曝晒性能差，要提高耐大气老化和日光曝晒性能，需加入辅助料如抗氧剂、紫外线吸收剂、炭黑等，以增强制品的抗老化性能。原料选择完成后，把主料与辅料混合造粒。电缆粒料如果受潮有水分，应先在 80℃ 的热风循环烘箱中干燥处理后再投产。

2) 铜线进模前的预热温度为 80 ~ 110℃。

3) 机筒加热温度。

① 交联聚乙烯电线电缆包覆工艺。挤出机用突变形螺杆，各段温度分别为加料段 130 ~ 150℃，塑化段 150 ~ 170℃，均化段 170 ~ 190℃，机头温度为 170 ~ 180℃。

② 通信电缆包覆工艺。滤网目数和层数为 80 目/120 目/120 目/80 目共四层。机筒温度分别为加料段 150 ~ 180℃，塑化段 190 ~ 220℃，均化段 230 ~ 250℃，机头温度为 230 ~ 240℃。

4) 采用 PE 包覆作护套的优点。

① 原料来源丰富, 价格便宜。

② 质量轻, 具有优良的电绝缘性、耐化学腐蚀性及耐低温性, 相同尺寸时单位质量长度大。

③ 加有炭黑的 PE 耐大气老化性能好, 使用寿命可达 20 年以上。

④ 采用聚乙烯-铝带-聚乙烯塑料防护套防潮性能好, 可保证塑料通信电缆各种参数长期稳定。

⑤ 能消除铅包电缆由于振动疲劳、电腐蚀和化学药剂等产生的障碍, 质量比铅包电缆小 50%, 能大幅节约原材料。

⑥ 加工成型方便。

5) 生产设备。

① 加长密炼机。

② 单螺杆挤出机。

③ 双螺杆挤出机。

6) 制作工艺

① 工艺流程。原辅料→称量→密炼辊压→挤出成条→自然风冷→切粒→包装。

② 加长型密炼机生产工艺流程。原辅料→储罐→计量→密炼机→挤出成条→水下切粒→粒料干燥→包装。

③ 单螺杆挤出机生产工艺流程。原辅料→储罐→计量→单螺杆挤出机→水下造粒→粒料干燥→包装。

④ 双螺杆挤出机生产工艺流程。原辅料→称量→捏合→螺旋加料器→锥形双螺杆挤出机→水下造粒→粒料干燥→包装。

7) 工艺过程。

① 捏合。捏合的目的是使组分混合均匀。由于母料中炭黑含量高达 30%, 而捏合时炭黑无孔不入, 它会污染环境, 损害健康, 如捏合不好, 还会影响产品质量。因此, 理想的捏合工艺应该是捏合温度控制在 PE 的熔点附近, 在料已结成小块而未成大块时排料。此时的料没有游离炭黑, 即使用手捏后手心也不黑。

② 密炼。电缆包覆料中炭黑分散的好坏, 直接影响包覆的外观质量、拉伸强度、断裂伸长率、环境应力龟裂性能、低温脆化性能等, 而母料中炭黑分散的好坏又直接影响电缆包覆料中炭黑分散度。

③ 辊压。辊压温度应控制在既不粘辊又不包辊的温度。如果温度过高, 料片粘辊, 强度低; 温度过低, 料片不包辊, 孔洞多, 易断。

④ 挤出造粒。挤出 (温度不宜超过 220℃) 造粒既可使成品料粒外表规整、美观, 又能克服 PE 护套料生产中难以拉片切粒的困难。

⑤ 冷却。PE 是一种低熔点的结晶型塑料, 自然风冷虽然设备简单, 但效率低, 占地面积大, 不适合大批量生产。

⑥ 环境卫生保护。炭黑的飞散是 PE 护套料生产中突出的问题, 因此捏合应采用封闭、集中的生产方式。

⑦ 废品处理。生产中的废品除可安排其他用途外, 也可回收再用作电线包覆料。只需适当加入一些抗氧剂, 不会影响制品的使用性能。

⑧ 母料的制备。要想得到较好的分散质量,必须采用预制母料工艺。因预制母料后炭黑均匀分散在 PE 中,从而保证炭黑在 PE 料中分散良好,可避免炭黑与空气接触,防止因氧化受潮引起的质量变化。同时预制母料还可净化环境,节约电能,生产出质量稳定、分散均匀的黑色 PE 电缆护套料。

8) 黑色 PE 电缆护套料的应用。PE 可作为高频绝缘材料,用来制造通信电缆,而这一点聚氯乙烯是不可能的。用 PE 做护套的通信电缆品种很多,如长途对称高频通信电缆、市内电话电缆、同轴电缆、海底通信电缆、泡沫 PE 绝缘中继电缆、导弹控制用通信电缆等。在高频绝缘方面,PE 有取代 PS 的趋势。PE 电缆由于介电常数和介电损耗小,受温度和频率的影响小,体积电阻率系数大,化学稳定性好,能经受比 PVC 电缆更高的电压,所以还是制作电力电缆的较好绝缘材料。此外,添加炭黑后的聚乙烯还具有耐大气老化性能好、耐化学熔剂和耐水湿性能突出的优点,其缺点是熔点低、易软化变形、应力差、收缩率大,但这些可能通过改性克服。

(2) 聚氯乙烯粒料包覆成型

1) 原料选择。聚氯乙烯电缆料是以纯度较高的悬浮法 PVC-SG1 和 PVC-SG2 型树脂为主料,再加入一定比例的增塑剂和稳定剂组成。增塑剂主要选用磷酸酯,通常用苯二甲酸酯(耐热性好)作主增塑剂。增塑剂的酸值对电线绝缘性、耐热性都有影响,应选择酸值小的增塑剂。稳定剂应以碱性铅盐作主稳定剂,最好三碱式硫酸铅与二碱式亚磷酸铅并用,这样可兼顾热、光稳定性。在包覆前如果电缆粒料受潮,还应在 80℃ 的烘箱中烘干 2h。

2) 挤出机选用单螺杆挤出机,螺杆结构为等距不等深渐变型,长径比 L/D 为 18 ~ 25,压缩比为 3。多孔板用 40 目筛网过筛,稳定剂和着色剂等浆料应研磨成细小颗粒。

3) 温度控制。

① 聚氯乙烯包覆绝缘级各段温度分别为加料段 120 ~ 140℃,塑化段 140 ~ 160℃,均化段 160 ~ 180℃,机头温度为 170 ~ 180℃。

② 聚氯乙烯包覆护套各段温度分别为加料段 120 ~ 140℃,塑化段 140 ~ 160℃,均化段 160 ~ 180℃,机头温度为 170 ~ 180℃。

4) 芯线预热处理。进模前芯线应预热到 80 ~ 110℃,以确保芯线能和熔融塑料牢固黏附在一起。

(3) 聚丙烯粒料包覆工艺 机筒螺杆采用突变型,机筒温度分别为加料段 140 ~ 170℃,塑化段 180 ~ 210℃,均化段 220 ~ 240℃,机头温度为 220 ~ 230℃。过滤网采用不锈钢丝编织。

(4) 电线、电缆包覆生产中的异常现象、产生原因及解决方法 (表 8-2)

表 8-2 电线、电缆包覆生产中的异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
表面粗糙	① 生产小规格电线出现熔体破裂 ② 物料塑化不均 ③ 物料含有水分 ④ 挤出稳定性较差	① 加长口模平直段或降低螺杆转速 ② 提高挤出压力或换浅槽螺杆 ③ 干燥物料 ④ 提高挤出温度
直线式厚度波动	① 挤出机运转不均匀,料不均匀 ② 牵引速度波动 ③ 挤出物料温度不稳定	① 调整挤出机转速,混料均匀 ② 调整牵引机速度使其稳定 ③ 调整物料温度使其稳定

(续)

异常现象	产生原因	解决方法
塑料层偏心	① 模具不同心 ② 口模内有冷料或局部过热 ③ 熔体黏度过小,引起重力下垂	① 调节模具同心 ② 调整口模各处温度使其均匀 ③ 加强冷却或换黏度大的树脂
塑料层有气泡	① 物料中有水分或易挥发成分 ② 挤出温度过高 ③ 冷却过快引起收缩	① 干燥物料或换挥发成分小的原料 ② 降低成型温度 ③ 提高冷却水温度
导线与塑料层分离	① 导线与塑料层粘合性差 ② 导线污染或沾水 ③ 冷却速度过快	① 导线预热或提高挤出温度 ② 导线进行清洗和预热 ③ 提高冷却温度
表面有颗粒及杂质	① 树脂中鱼眼过多 ② 树脂中含有杂质	① 更换原料或提高挤出温度 ② 更换原料或过滤网

8.1.6 其他特种包覆机头结构设计及成型

(1) 钢管包覆机头 钢管包覆机头结构如图 8-7 所示。

此机头可以对已成型的标准钢管进行包覆生产。即已成型的钢管，经调试合格后直接送入包覆机头，起动挤出机进行包覆，制管和包覆是分开的。也可以用钢带条，通过放卷、滚压成型、焊接、包覆塑料一条龙式生产线进行包覆生产。如果要求包覆层紧贴钢管，在钢管进模具前应用超声波进行清洗，以除油、除污渍。并在模具内抽真空，把管外表面残留空气除净，在真空状态下使塑料紧贴钢管。也可以用两台挤出机，在复胶之前先在钢管外边涂一层粘接层，再复合胶层。

(2) 涂覆消防管机头 涂覆消防管机头结构如图 8-8 所示。

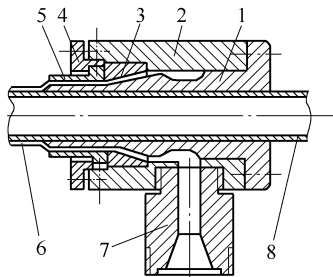


图 8-7 钢管包覆机头结构

1—芯模 2—机头体 3—缩接 4—并紧帽
5—口模 6—包覆层 7—颈接 8—钢管

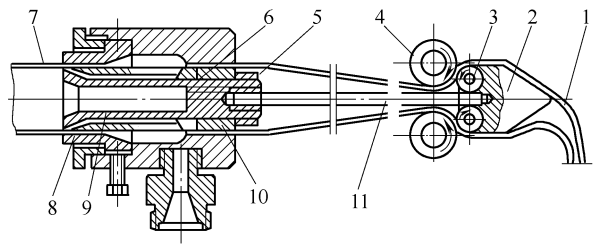


图 8-8 涂覆消防管机头结构

1—纱管 2—锥头 3—轴承 4—支承辊 5—螺母 6—紧定螺钉
7—内、外涂层 8—口模 9—芯模 10—隔套 11—拉杆

此机头在芯模接装一根拉杆，拉杆另一端与锥头相连，纱管从锥头导入由牵引机拉动前行。在锥头后面有两个支承轮，它把芯模固定在模具中间。芯模上套有隔套，隔套在型腔流动区且四周开有通孔。熔融料通过纱管的孔隙流向芯模，使纱管内外表面都均匀粘覆塑胶料，纱管从模口挤出后，再经过风冷进入牵引机，最后由收卷机收卷。

(3) 医疗管包铁线机头 医疗上用的胃镜、肠镜插管和洗胃、洗肠专用管, 要求柔软能自由弯曲且扭转自如, 插拔方便, 有一定的强度和刚度, 单用塑料成型的管无法达到所有要求。但通过在管子内设置骨架铁线, 并用铁线芯支承就可以满足所有要求。此时铁线芯要通过放线架放线, 再经过压轮组调直、预热进入模具包覆, 管坯出模后还要用微量真空定型, 在水槽冷却后, 经牵引机牵引, 自动测直径检查合格后, 收卷成盘。医疗管包铁线机头如图 8-9 所示。

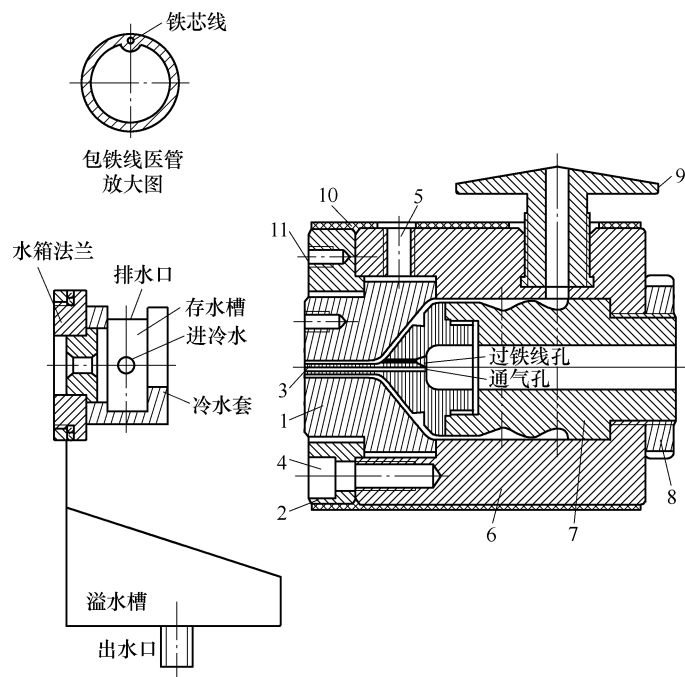


图 8-9 医疗管包铁线机头

1—口模 2—前压盖 3—芯棒 4—内六角螺栓 (M12×30) 5—内六角螺栓 (M12×40)
6—模体 7—芯棒体 8—后端盖 9—进胶接颈 10—多孔板 11—热电偶

(4) 仿藤条包铁线机头 加色仿藤条包铁线生产线如图 8-10 所示。生产流程: 放线架→轮压调直机组→预热箱预热→导入机头→包覆胶成型→下水冷却定型→牵引→通过排线架导入收卷盘→定长切断验收入库。

仿藤条包铁线后, 可使仿藤条的强度和承载能力大大提高。对要求承载能力大的仿藤条, 如编织床垫、椅子坐垫、条椅坐垫等产品的仿藤条, 如没有加铁线芯, 那么编织的床、椅垫将不能承载一个成人的重量。藤条包铁线后, 承载能力大幅提高, 1~2 个大人坐或睡在藤条编织的床垫、椅子上, 藤条板面也不会断裂或严重凹陷。

仿藤条的生产过程是先将铁线从有制动装置的放线架拉出, 然后通过定向套固定铁线使它不能摆动, 再经过压轮组调直后穿过预热套给铁线加热。铁线进入模具导嘴时, 导嘴紧贴铁线, 继续给铁线加热。铁线再经过一段热空腔, 经充分预热后进入模嘴包覆塑胶, 然后直接下水冷却定型, 而不需真空定型。最后通过水槽完全冷却, 由轮式牵引机牵引到收卷机, 经过排线装置, 整齐排列在盘上。

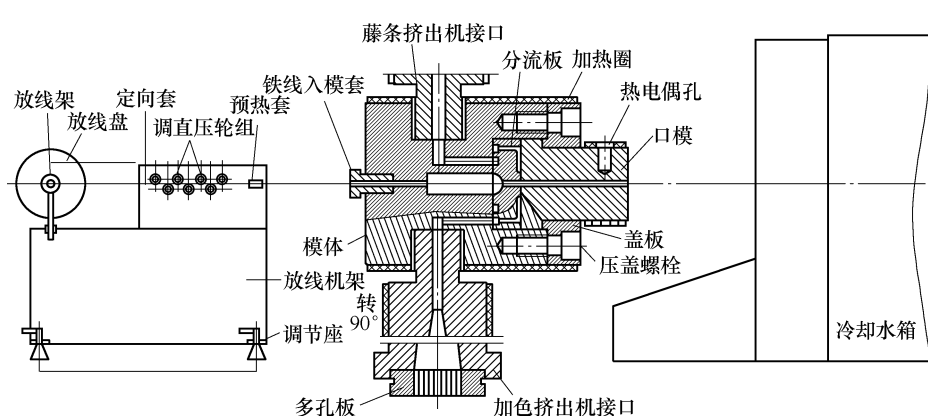


图 8-10 加色仿藤条包铁线生产线

8.2 铝塑复合管机头设计及试模调机

铝塑复合管是一种由五层复合而成的管材，它的内外层均为聚乙烯（或交联聚乙烯），两层塑料的中间为铝合金管。在铝合金与塑料层之间，为了粘合牢固，增加了一层很薄的高分子粘合层，它可使五层有机结合，具有极强的复合力。

(1) 铝塑复合管的特点

- 1) 既具有金属管的坚硬，又易于弯曲、伸直，在变形中无脆性。
- 2) 耐高温高压、耐腐蚀，可用于热水、冷水和化工流体的输送。
- 3) 管内壁平滑，流体阻力小，管内流量大于同规格内径的金属管 30%，不结垢、不污染管壁，无毒，是净水工程的理想管路。
- 4) 抗静电（与塑料和橡胶管比），可输送易燃易爆的气体和油料。
- 5) 隔热保温性能好，其导热系数为 $0.45 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ，远远小于金属管。因而在导热时不结垢，遇冷时不结霜，可节约管外绝热材料的使用。
- 6) 易于切削加工，可用专用管件连接，而不需攻螺纹。小管成卷供货，可任意截取、任意弯曲，不用弯头接头，可节约一半的安装费用。
- 7) 使用寿命可长达 50 年。
- 8) 质量轻，仅为镀锌管的十分之一。可节约运费，降低成本。
- 9) 可作穿线导管使用。因有铝合金层，也可用作电屏蔽和磁屏蔽套管。
- 10) 可以埋在地下，可用金属探测器探出埋管位置。

(2) 铝塑复合管的应用领域

- 1) 用作自来水的冷热水管路，可保证水质清洁，无二次污染。
- 2) 用作煤气、天然气管道，防漏性能好。
- 3) 用作电线、电缆套管，既起保护作用，又有阻燃和电屏蔽作用。
- 4) 可用作饮料厂输送液体的管道。
- 5) 可用作化工厂输送化学液体的管道。
- 6) 可用作暖气管道和地板、墙壁上的取暖装置，以及北方建筑物屋顶化雪装置。

- 7) 可用作医院中输氧管道。
- 8) 可作为工业输油和输冷却液用管。
- 9) 可作为太阳能加热和冷却装置用管。
- 10) 可作为真空吸气用管。
- 11) 可作为各种空调用的外接管。
- 12) 可作为农用喷灌工程用管。

8.2.1 铝塑复合管生产工艺

铝塑复合管的结构如图 8-11 所示, 它由五层组成, 成型后多以搭接方式采用超声波焊接。它的特点是最低 0.2mm 厚度也可以焊接, 且焊接时温度不升高, 费用低, 接点强度高, 因此被广为采用。它的生产方式有两步法和一步法。两步法是先复合成型内管, 待内管冷却定型后再将铝层和外层塑料分别包覆而成; 一步法是一次同时成型铝管、粘合层、塑料内管和外层塑料管。大多数企业都采用一步法生产铝塑复合管。铝塑复合管内外层一般都选用高密度聚乙烯或交联高密度聚乙烯 (交联高密度聚乙烯成型复合管适用于高温、高压场合)。铝管的对接焊缝用惰性气体或激光焊接。图 8-12 所示为一步法三台挤出机铝塑复合管成型机头结构。成型工艺主要依靠成型机头, 机头有四个进料口, 分别与两台挤出机、PE 熔料挤出机和一台挤出热熔胶的挤出机相通。铝塑管在机头内的成型顺序是: 先把进入机头内的铝带管接缝用超声波焊机焊牢, 成型为铝管, 然后把热熔胶涂覆在铝管的内壁, 再把 PE 熔料涂在铝管内壁的热熔胶层外, 成型铝管内壁 PE 塑料层。随着涂覆好内壁塑料层的铝管向模口方向的移动, 又将铝管外层热熔胶和 PE 熔料顺次涂覆在铝管的外壁表面, 然后移动推出机头口, 经冷却定型成为铝塑复合管。

图 8-13 所示为由三台挤出机组成的铝塑复合管生产设备布局。

图 8-14 所示为由三台挤出机组成的铝塑复合管生产工艺流程。

目前许多厂家采用四台挤出机配置, 即内层塑料挤出机、内层热熔胶挤出机、外层塑料挤出机、外层热熔胶挤出机。采用三台挤出机, 前后复合机头是连接在一块分胶板上的, 而采用用四台挤出机, 前后复合机头虽然没有连接, 但是却紧贴在一起。这种组合减少了铝塑复合管生产线制作、组装、调整试模的难度, 被许多用户接受采用。一步法四台挤出机搭接焊铝塑复合管 (PP-R 管) 生产设备布置如图 8-15 所示。

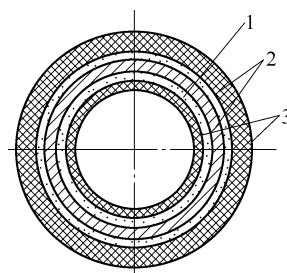


图 8-11 铝塑复合管结构

1—铝管 2—粘接料层
3—聚乙烯塑料层

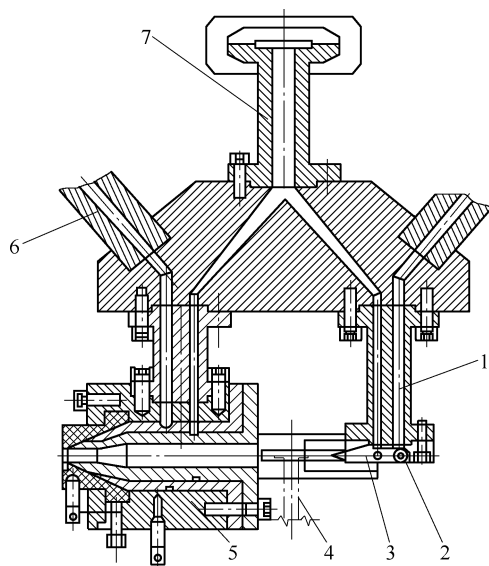


图 8-12 一步法三台挤出机铝塑管复合成型机头结构

1—管内层 PE 熔料输入孔 2—复合管内层 PE 熔料用模具 3—铝片成型管装置 4—焊机 5—复合管外层 PE 熔料用模具 6—管外层 PE 熔料输入孔 7—热熔胶输入孔

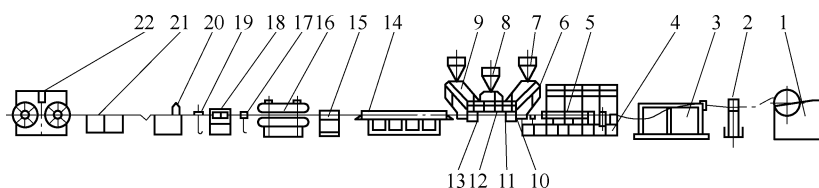


图 8-13 三台挤出机组成的铝塑复合管生产设备布局

1—放卷机 2—接带机 3—储带仓 4—焊接平台 5—预成型机构 6—加热器 7,8,9—挤出机
10—流道板 11—内管机头 12—焊枪 13—外管机头 14—冷却器 15—烘干机 16—牵引机
17—测径仪 18—探伤仪 19—喷码机 20—切割机 21—翻转台 22—卷取机

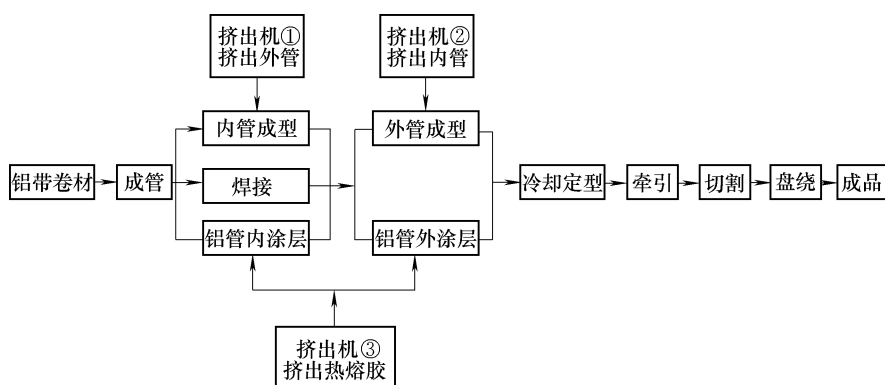


图 8-14 三台挤出机组成的铝塑复合管生产工艺流程

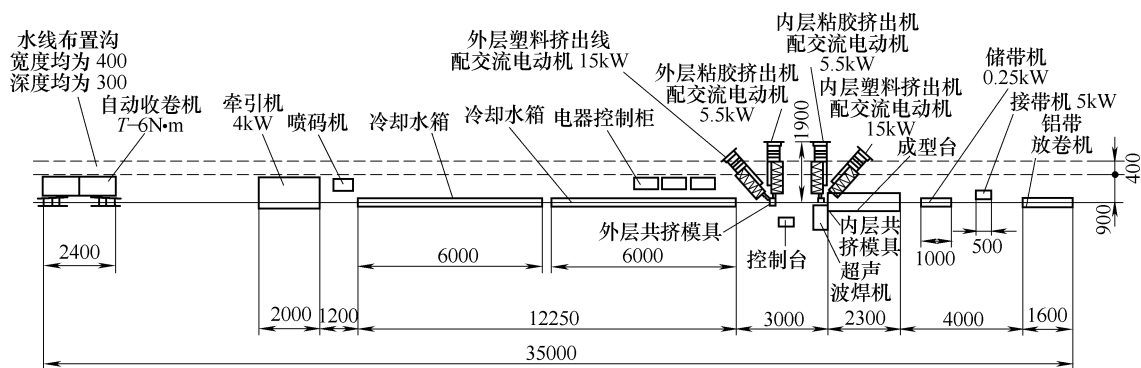


图 8-15 一步法四台挤出机搭接焊铝塑复合管（PP-R 管）生产设备布置

一步法铝塑复合管内层共挤出机头结构如图 8-16 所示。机头通过连接板 1 和连接板 2 与挤出机连接，挤出机在铝管的内层挤出一层 HDPE 和一层热熔胶。从挤出机挤出的热熔胶通过支座上的小孔进入支座与外芯棒之间，从另一台挤出机挤出的 HDPE 通过支座上的大孔进入外芯棒和内芯棒之间，最后共同涂覆在铝管的内表面。

一步法铝塑复合管外层共挤出机头结构如图 8-17 所示。

一步法四台挤出机铝塑复合管生产的工艺参数：

1) 外层塑料挤出机。各段温度分别为加料段 $160 \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，塑化段 $190 \sim 210^{\circ}\text{C}$ ，均化段 $220 \sim 230^{\circ}\text{C}$ ，机头温度为 $210 \sim 220^{\circ}\text{C}$ 。

2) 内层塑料挤出机。各段温度分别为加料段 $160 \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，塑化段 $190 \sim 210^{\circ}\text{C}$ ，均化段

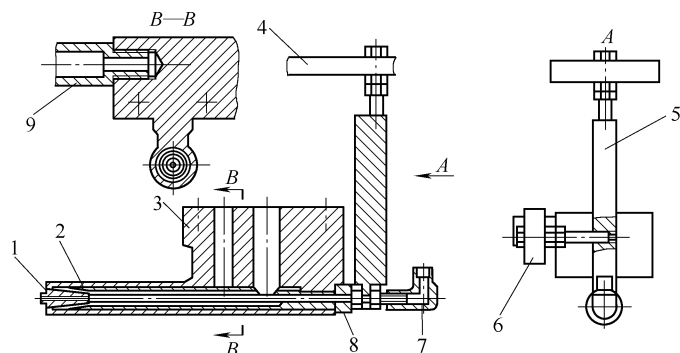


图 8-16 一步法铝塑复合管内层共挤出机头结构

1—内芯棒 2—外芯棒 3—支座 4—连接板 1 5—连接杆 6—连接板 2
7—气嘴 8—定位套 9—测温器

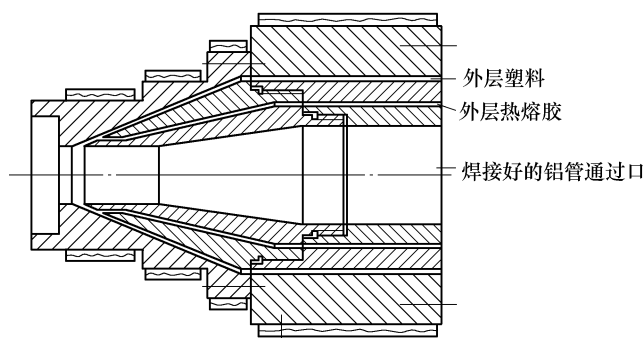


图 8-17 一步法铝塑复合管外层共挤出机头结构

220 ~ 230℃，机头温度为 210 ~ 220℃。

3) 热熔胶挤出机。两台挤出机参数相同，各段温度分别为加料段 130 ~ 150℃，塑化段落 180 ~ 200℃，均化段 210 ~ 230，机头温度为 210 ~ 220℃。

4) 内管的吹胀压力为 4 ~ 6kg/cm²。

5) 牵引速度为 3 ~ 12m/min。

8.2.2 铝塑复合管生产设备及机头设计

(1) 铝管成型装置 由铝片放带机、四副冷弯模具、铝管成型辊及涨紧装置等组成。铝管成型装置的作用是将铝带冷弯成半圆状，并包覆在内层挤出模具的外套上进入成型辊。成型辊的作用是保证铝管为圆形状态。

(2) 复成型机头 图 8-12 所示为一步法三台挤出机铝塑复合管成型机头结构。一步法四台挤出机铝塑复合管成型内外挤出涂层是分开的。图 8-16 所示为内层共挤出机头结构，图 8-17 所示为铝塑复合管外层共挤出机头结构。图 8-18 所示是铝塑复合管成型原理（一步式三台挤出机），它由机头主体、内层共挤模具、外层共挤模具、铝管最后成型模具组合而成。机头主体提供三台挤出机的熔料流道，保证熔料流道畅通和内外层热熔胶合理分配。内层共挤模具采用吹胀法，将通过机头的内层交联聚乙烯和热熔胶生成的管坯用压缩空气吹附

在成型好的铝管内壁。外层共挤模具的作用是在已涂覆了内层的铝管上,包覆由机头输送过来的外层交联聚乙烯和热熔胶组成的外层物料。铝管最后成型模具的作用是一方面保持铝管的圆形,另一方面开一缺口以便超声波焊机工作,最终成型由交联聚乙烯、热熔胶、铝管、热熔胶、交联聚乙烯五层材料组成的复合管材。

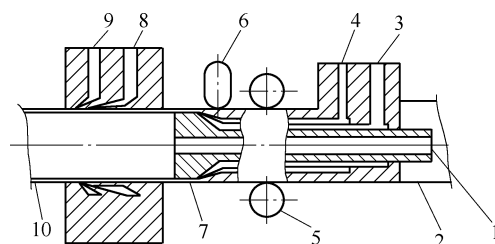


图 8-18 铝塑复合管成型原理

1—充压管 2—铝带 3—内层聚乙烯 4—内层热熔胶
5—成型轮 6—超声波焊机 7—内层复合 8—外层热熔胶
9—外层聚乙烯 10—成品铝塑复合管

(3) 内外塑料管层挤出机和热熔胶挤出机

内外塑料管层挤出机为两台卧式挤出机,热熔胶挤出机为一台立式挤出机。这些设备都应选用 BM 混练型螺杆,温度和转速控制都要精确可靠,电器组件也应性能优异,以确保供给复合成型机头的熔料流速、流量、压力稳定。

(4) **超声波薄壁铝管焊接机** 超声波焊接技术,具有良好的力学性能,尤其是对在熔化焊及电阻焊中焊接不良的金属,如铝、铜等,更能显示这一固相焊接方法的优点。超声波点焊比电阻点焊的性能更加优良,对铝铜合金焊接强度可提高约 30%。超声波的焊点抗剪强度好,焊点的平均剪力变化值小于 10%。对于 0.5mm 以下薄板,超声波缝焊的接头强度一般为母材强度的 85%~100%。由于这种接头的母材未发生过熔化,因而焊缝在抗介质腐蚀性方面与母材几乎没有差别。

(5) **辅助机械及自动化控制系统** 辅助机械由冷却装置、牵引机、印刷机、收卷取机四部分组成。冷却装置是一个长为 8m 的不锈钢水槽,具有喷淋功能,可上下、前后、左右调节,可使从复合机头挤出的复合管材迅速有效地冷却。牵引机为上下履带式,气动夹持,变频调速,可均匀稳定地牵引出冷却后的管材。印刷机为喷墨式,具有同步印字、字迹清晰、油墨牢固的特点。收卷取机为双盘式,在第一盘收满后可迅速接到第二盘,通过力矩电动机驱动,可平稳地完成收卷取任务。自动化控制系统为在线数控式,利用超声波检测仪,可精确地测出管材的外形尺寸、线速度并反馈给计算机,计算机根据数据自动调节相关的技术参数。

8.2.3 铝塑复合管试模调机

(1) 开机前的准备工作

1) 调整内层壁厚。根据管子口径及生产速度,确定挤出机与电动机的变频频率、螺杆转速等参数,然后加热内层挤出机头,使机头内的残余料完全熔融。起动内层挤出机,调整相应的有关参数。通过机头的两个调节螺栓,调节内层胶厚度,达到厚薄均匀,然后关停内层挤出机。

2) 将铝带穿过成型轮,装配定位铝片,并与牵引机相连。

3) 调整超声波焊机的位置,使滚焊焊头与内层成型模具的铝管机头垂直,并保证其滚装部分位于铝管的正上方。落下焊头,焊头与铝管之间要保持 0.1mm 的间隙,再升起焊头。

4) 起动牵引机,观察铝带打褶情况,一般两褶距离以 5mm 左右为宜。

5) 起动焊机,将焊机的升降和滚动开关同时扳到自动位置。按下升降和滚动开关,先将焊头速度设定为 3m/min。同时按下控制板上的“合(分)”与“牵引”两个按钮,观察焊缝情况,通过底部的调节螺栓调整焊头压力,使焊缝的花纹清晰,同时,必须保证焊缝的

中心在铝带搭接处的中心上。调整焊机频率，以保证焊缝的连接强度。升起焊头，同时按控制板上的“合（分）”与“牵引”两个按钮，停止焊头转动。退出焊机，通入冷却水，再用汽油喷灯加热内层成型机头，确保其中残余料完全熔融。

(2) 开机

- 1) 推入焊机，起动焊头，焊头打到“落下”位置。
- 2) 起动内层挤出机，当有内层料从铝带搭接处溢出时，迅速同时按下“合（分）”与“牵引”两个按钮。
- 3) 当内层料随铝带到达冷却水槽时，开动进气阀，同时夹住复合管，观察焊缝处是否漏气，根据现场实际情况调整焊头压力和焊接超声波频率、功率。
- 4) 起动热熔胶挤出机，观察出胶量，并作适当调整。
- 5) 起动外层挤出机，观察出料情况，若出现外层料不连续时，应增大挤出量，即提高螺杆转速。若外层料出现厚薄不均匀情况时，应减少挤出量，即降低挤出机螺杆转速，直到外层出料连续且均匀为止。
- 6) 起动喷墨打印机。
- 7) 在复合管进入冷却水槽处夹住复合管，同时在牵引机后剪断复合管，检查内外壁厚情况，并作适当微调，这时卷取机应处于待命状态。
- 8) 连续检查复合管的内外径及壁厚情况，当全部达到标准要求时，就可用卷取机卷取，生产线进入正常状态。

(3) 铝塑复合管生产中的异常现象、原因分析及解决方法（见表8-3）。

表 8-3 铝塑复合管生产中的异常现象、原因分析及解决方法

异常现象	原因分析	解决方法
HDPE 与铝带出现分层	① 热熔胶挤出量过少 ② 热熔胶温度过低 ③ HDPE 挤出温度过高或过低 ④ 铝带污染	① 通过机头热熔胶调节螺栓调至适量 ② 调整热熔胶的挤出温度 ③ 调整 HDPE 挤出温度 ④ 去除铝带污染
复合管外表面出现鱼鳞状划痕	① 外层料挤出量过小 ② 外层料挤出温度过低 ③ 口模处有积料	① 增加外层料挤出量 ② 提高外层料挤出机的挤出温度 ③ 清理口模
复合管不圆或外径尺寸偏大	① 外层料挤出量过大 ② 牵引速度过慢 ③ 口模周围温度不均匀	① 减少外层料挤出量 ② 适当调节牵引速度 ③ 调整口模四周温差使其均匀
复合管外表有破洞	① 原料不干净 ② 物料挤出温度过低 ③ 牵引速度太快	① 调换干净原料 ② 适当提高外层挤出机温度 ③ 降低牵引速度
复合管外径尺寸偏小	① 外层料挤出量过小 ② 牵引速度过快	① 增加外层料的挤出量 ② 适当降低牵引速度
复合管漏气	铝带被焊破	减少焊头压力
复合管突发性爆破	① 焊头压力不足 ② 压缩空气压力过高	① 增大焊头压力 ② 调整压缩空气压力
铝带断带	① 铝带有缺陷 ② 牵引或焊接不当	① 调换铝带 ② 调整工艺

注：生产中若出现铝带断带、爆破等问题进行处理时，为防止冷却水从断带和破损处倒流进入机头中，此时不得停止压缩空气供应。

8.3 聚氯乙烯纤维编织增强软管挤出成型及机头设计

8.3.1 聚氯乙烯纤维编织增强软管挤出成型

聚氯乙烯纤维编织增强软管与普通 PVC 软管基本相同,不同之处是原料中加入了一定比例的增塑剂、稳定剂、润滑剂和其他一些辅料成分。经造粒再加入挤出机成型,先挤出内管,冷却定型后,在内管外圆周由纤维编织成网络,其结构如图 8-19 所示。

由于聚氯乙烯纤维编织增强软管是由以聚氯乙烯为主的多种原料组合而成型,中间又有起增强的作用化学纤维编织网,所以这种塑料管除有 PVC 软管的耐腐蚀、质量轻、柔软可自由弯曲的性能外,还可在工作时承受一定的压力。目前,它在工业设备和运输机械的气体或液体的输送管路中应用非常广泛。

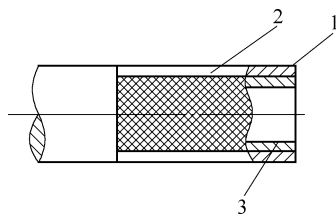


图 8-19 聚氯乙烯纤维编织增强软管结构

1—PVC 塑料外层 2—纤维层

3—PVC 塑料内层

(1) 原材料及配方 聚氯乙烯纤维编织增强软管主要选用悬浮法 PVC 中的 SG2、SG3、SG4 型树脂为主料,并加入一定比例的增塑剂、稳定剂和润滑剂等辅料。其原料配方如下(质量份):

聚氯乙烯树脂(PVC SG3), 100; 硬脂酸钡(BaSt), 1.0; 邻苯二甲酸二辛酯(DOP), 28.0; 硬脂酸镉(CdSt), 0.7; 邻苯二甲酸二丁酯(DBP), 22.0; 石蜡(P-C1), 0.2。

(2) 成型设备 聚氯乙烯纤维编织增强软管成型设备如图 8-20 所示。生产工艺流程:按配方计量 PVC 树脂及辅料→原料在混合机中热混合→原料降温搅拌→造粒→注入第一挤出机→机头成型内管→浸泡水槽冷却定型→带式牵引机牵引→纤维编织缠绕机绕纱网格→预热烘干箱→第二挤出机供料→外管包覆机头涂覆外层→浸泡水槽冷却定型→带式牵引机牵引→定长切断机切断→双盘排列式收卷机卷取→检验包装入库。如果要高速生产,挤出机应适当配大一些,冷却水槽也应当加长。因是软管,不用抽真空定型,但为了保持第一挤出机挤出内管的圆度,可控制微调开关向模内吹气,使内管压力等于或稍大于大气压力,以保证管坯冷却定型后不变形。

1) 挤出机。聚氯乙烯纤维编织增强软管成型需要两台规格相同的挤出机,一台用来成型软管的内层(内管),另一台用来成型软管的外层(包覆管层)。挤出机的螺杆结构与普通聚氯乙烯软管成型的设备基本相同,可选用普通的等距不等深渐变型单螺杆机,螺杆的长径比 L/D 为 20~22,压缩比为 2.5~3.5。挤出机的规格根据产品管径的大小而定。一般 $\phi 25\text{mm}$ 以下的编织软管用螺杆直径为 50~60mm 的挤出机, $\phi 30 \sim \phi 50\text{mm}$ 的编织管用螺杆直径为 65~75mm 的挤出机,当生产速度达到 15~20m/min 时,必须采用螺杆直径为 80~90mm 挤出机才能满足塑化供给熔融料的需求。

2) 冷却水槽。 $\phi 25\text{mm}$ 以下的编织软管和牵引速度在 10m/min 以下时可用 4m 长的水槽, $\phi 25\text{mm}$ 以上的编织软管和牵引速度在 10m/min 以上时水槽长度应为 6m。

3) 牵引机。一般采用 1.0~1.5m 的带式牵引机。

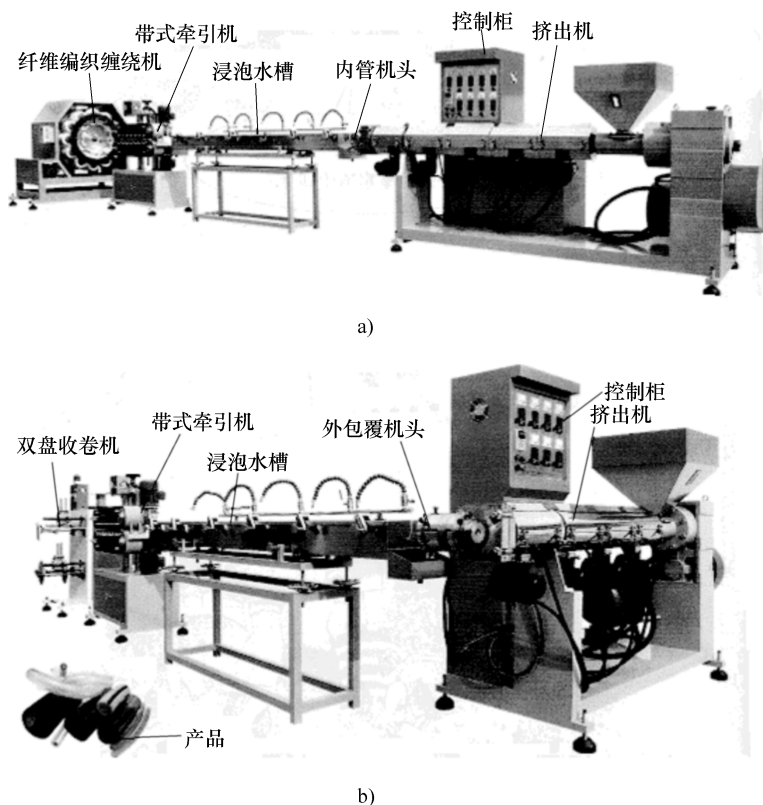


图 8-20 聚氯乙烯纤维编织增强软管成型设备

a) 前段设备 b) 后段设备

4) 纤维编织缠绕机。纤维编织缠绕机是编织软管中纤维网的设备。工作时通过双线盘的异向旋转，即前线盘与后线盘不是一个方向旋转，在内管的外圆表面把纤维均匀地编成网状。线盘的线锭数根据管直径的大小决定。一般直径在 50mm 以下的小管可用 16 支纱，纤维线规格为 210D/1×3，前后两线盘的线锭数相等，缠绕网格的线夹角为 60°或 90°，线速度可调，用直流电动机驱动，可任意调节速度，缠绕网格的线速度为 2m/min。

5) 加热烘箱。加热烘箱在纤维编织缠绕机后的下一道工序，主要是为软管的内层和编织缠绕在内层表面上的纤维网加热，同时还可去除内管从水槽出来黏附的水分，确保在包覆网格内层管时，内外层塑料及纤维网能很好地熔合成一起，牢固结合不松弛。

加热烘箱可用电热棒或热风循环加热，工作温度一般控制在 300 ~ 500℃。因编织网格内管仅仅是从加热烘箱中通过，温度太低达不到标准。按标准要求应加热到编织缠绕纤维线和内管表面略成熔融态，纤维线因受热收缩紧抱在内管外圆上。

(3) 成型编织工艺

1) 聚氯乙烯纤维编织增强软管挤出成型工艺流程如图 8-21 所示。

加入适量碳酸钙填料 (CaCO_3) 的作用是提高管的强度和加工尺寸的稳定性，同时也可以降低生产成本。而在中间层编织高强度、低弹性的涤纶纤维的目的就是要达到增加强度和承受压力的要求。

2) 成型工艺温度。

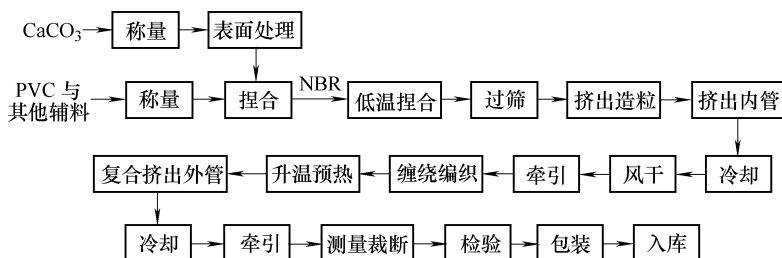


图 8-21 聚氯乙烯纤维编织增强软管挤出成型工艺流程

注：NBR 为丁腈橡胶-丙烯腈-丁二烯共聚物的英文缩写代号。

内层管成型温度：各段温度分别为加料段 $110 \sim 130^{\circ}\text{C}$ ，塑化段 $140 \sim 160^{\circ}\text{C}$ ，均化段 $170 \sim 180^{\circ}\text{C}$ ，挤出机头温度为 $165 \sim 175^{\circ}$ 。

外层管挤出成型温度：各段温度分别为加料段 $110 \sim 130^{\circ}\text{C}$ ，塑化段 $140 \sim 160^{\circ}\text{C}$ ，均化段 $170 \sim 180$ ，挤出机头温度为 $165 \sim 175^{\circ}\text{C}$ 。

挤出温度太高 PVC 易焦化产生焦痕，温度太低表面不光洁。

3) 挤出速度。一般选择螺杆转速为 $40\text{r}/\text{min}$ 。小管应调低温度，降低转速；较大的管应适当调高温度，提高转速。

4) 牵引速度。速度太快制品纵向收缩增高，太慢产生皱纹。一般直径为 $9 \sim 16\text{mm}$ 管的牵引速度为 $10 \sim 13\text{m}/\text{min}$ ，直径为 $19 \sim 32\text{mm}$ 管的牵引速度为 $6 \sim 10\text{m}/\text{min}$ 。要想高速挤出，即牵引速度达到 $15 \sim 20\text{m}/\text{min}$ 时，必须加大挤出机规格以增大塑化能力，同时把水槽加长以增加管坯在水槽的冷却时间。

5) 外观质量。制品内外圆表面应光滑、平整、无气泡、无未塑化硬包及杂质，管壁均匀，颜色一致，外层透明性好。

6) 聚氯乙烯纤维编织增强软管的性能。拉伸强度 $\geq 11.50\text{MPa}$ ，剥离强度 $\geq 9.5\text{N}/\text{cm}$ ，断裂伸长率 $\geq 200\%$ 。水压试验在 1.2MPa 以下保持 5min 不破裂。耐寒试验在 $-10^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 保持 5min 撞击不破裂。

(4) 聚氯乙烯纤维编织增强软管成型操作注意事项

1) 第二台挤出机较第一台挤出机挤塑成型的速度应有一定的递增，使管坯在运行中保持一定的张力。这样可使两台挤出机中间工序的纤维缠绕比较均匀，在通过烘箱时管坯不至于松弛，同时也可保证外表面层挤出成型厚度均匀。两台挤出机的挤出成型速度差应控制在 $0.1 \sim 0.3\text{m}/\text{min}$ 。

2) 注意保持两线盘的线锭个数对应相等，各线锭张力一致。纤维线应用夹子夹住，缠绕线应从夹子内抽出，且保持线张力以避免出现纤维网格松弛错位变形。纤维的张力应随管径的增大而增加。纤维软管的直径与壁厚应保证均匀，调整操作方法与聚氯乙烯软管相同。

8.3.2 聚氯乙烯纤维编织增强软管机头设计

(1) $\phi 13\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 加二色花纹包纱管内管机头设计 聚氯乙烯纤维编织增强加色花纹管的外管外径为 13mm ，内径为 8mm ，壁厚为 2.5mm ，其内管外径为 11mm ，内径为 8mm ，壁厚为 1.5mm ，采用直角式机头，其内层管机头结构如图8-22所示。机头如果设计不好，

口模出胶压力和速度就不一致。本机头的进口设计为斜缓冲槽和二级环形缓冲槽相连。通过二级缓冲，基本达到压力、速度平衡后再从模口挤出。设计的关键是斜缓冲槽至环形缓冲槽的过渡间隙。间隙过大，进胶口的胶会大量从进胶口直接注入环形槽，而离进胶口远的A处由于压力小，供胶量不足。最理想的是A处不积胶，且无过热分解、焦化、发黄现象。

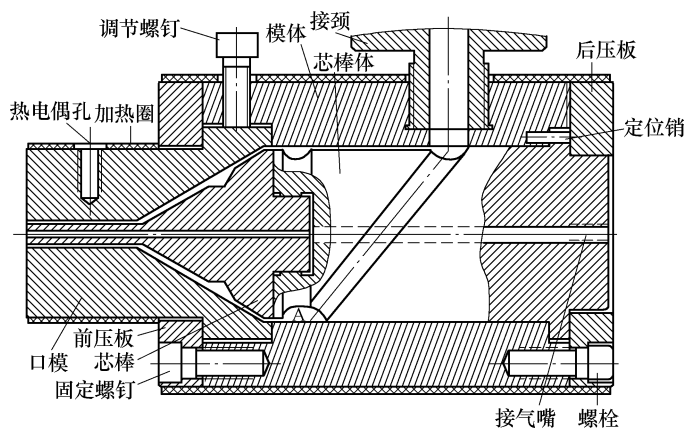


图 8-22 内层管机头结构

机头后端的通气孔接气管，用微调开关控制，向模内供应微量空气，使管坯内保持等于或稍高于大气压。这样热管坯进入水槽冷却后不变形，不凹陷。

(2) $\phi 13\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 加二色花纹包纱管外管机头设计 此时要在已包纱的内管上包覆一层 1mm 厚的外层管，加色花纹外层管机头结构如图 8-23 所示。经过预热的管坯进入外管机头，穿过导管套，在导管套到包覆外管之间要抽真空，把内管表面的空气抽空，让管子真空状态下包覆一层外胶，使内管紧贴在外管上。抽真空度不能过大，只要能把表面空气抽出就可以了。因管子要加色条，加了色条后还应走一段直线，以稳定压力，使色条平稳不变

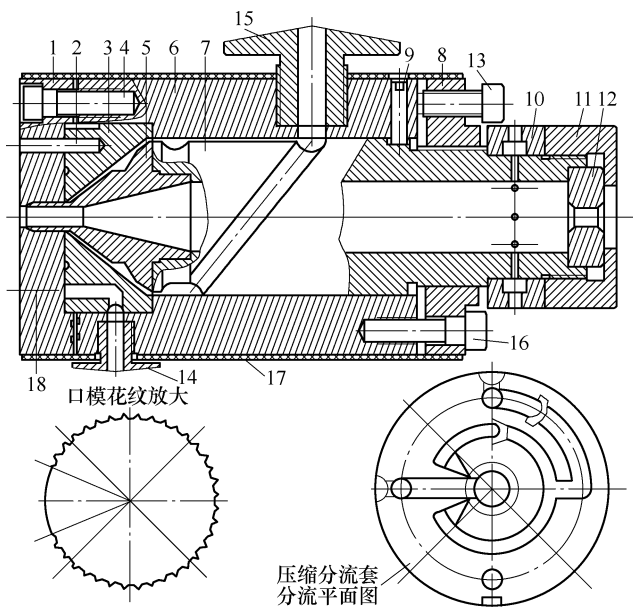


图 8-23 加色花纹外层管机头结构

- 1—压盖口模 2—定位销 3—压缩分流套 4—固定螺钉 5—芯棒嘴 6—机体 7—芯棒体
8—调节板 9—止紧螺钉 10—进真空套 11—后压盖 12—挡气导套 13—调节螺钉
14—加色接颈 15—主机接颈 16—后固定螺钉 17—加热板 18—热电偶

形。这时再经过有外波纹的管口，就成型为加二色后带波纹的管坯。

(3) $\phi 13\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 普通筒式包纱管内层管机头设计 普通筒式包纱管内层管机头结构如图 8-24 所示，它有两条直线环形缓冲槽，机头设计主要是控制好第一道过胶间隙，即第一和第二两条缓冲槽之间的过胶间隙。间隙过大，进胶口的胶会大量从进胶口直接注入后面的环形槽，而离进胶口远的对面处由于压力小，供胶量不足。最理想的是远离进胶口的对面位置处不积胶，无过热分解、焦化、发黄现象。

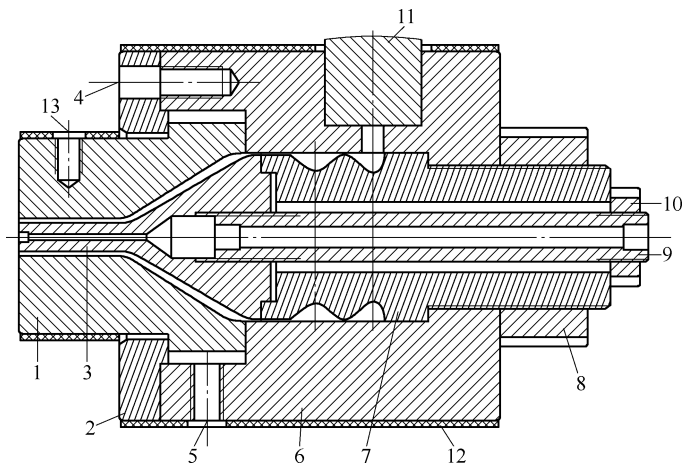


图 8-24 普通筒式包纱管内层管机头结构

1—口模 2—前压盖 3—芯棒嘴 4、5—内六角螺钉 6—模体 7—芯棒体
8—后端盖 9—拉杆 10—锁母 11—模机接颈 12—加热板 13—热电偶

(4) $\phi 13\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 普通筒式包纱管外层管机头设计 普通筒式包纱管外层管机头结构如图 8-25 所示。经过预热的管坯进入外层管机头，穿过引管隔套，在引管隔套到包覆外管之间要抽真空，把内管表面的空气抽空，让管子在真空状态下包覆一层外胶，使内管紧贴在外管上。抽真空度不能过大，只要能把表面空气抽出，让外包覆层能够贴紧内管表面就可以了。这种结构机头加工制造简单，成本低。

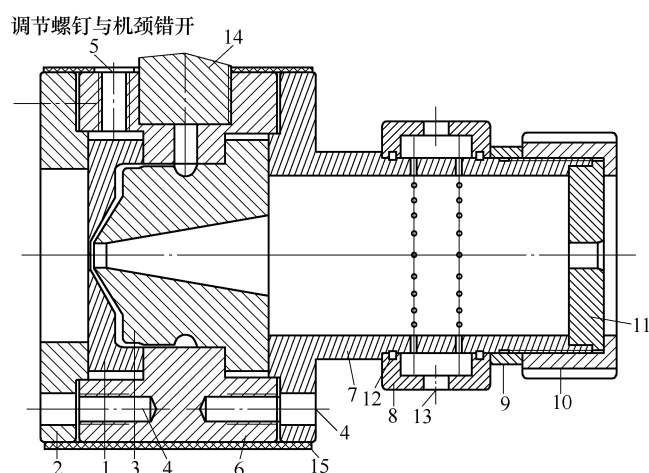


图 8-25 普通筒式包纱管外层管机头结构

1—口模 2—前压盖 3—芯棒嘴 4、5—内六角螺钉 6—前模体 7—后模体 8—真空套
9—隔套 10—后端盖 11—真空隔套 12—密封圈 13—气嘴孔 14—接颈 15—加热板

钢丝缠绕增强塑料复合管与纤维缠绕增强塑料复合管的生产方式和流程是一样的，不同处在于：

① 母料不同。纤维缠绕内外层都是 SPVC 软料，而钢丝缠绕内外层都是 PE 料。这是由于钢丝缠绕力度较大，而 PE 料比 SPVC 较硬。

② 缠绕机不同。纤维缠绕纱筒小，绕得稀，而钢丝缠绕绕得密。钢丝缠绕机如图 8-26 所示，钢丝筒的数量一定得多，才能保证缠绕的密度。

③ 由于胶料没有外包覆层，只在较厚的内管层缠绕钢丝，因此承受的压力要比纤维管高得多。

④ 纤维缠绕线夹子只夹一根纱线，而钢丝缠绕线夹子夹一组线，且按组编织在胶管外边。

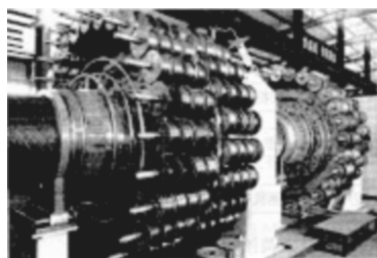


图 8-26 钢丝缠绕机

第 9 章 挤出造粒机头设计与试模调机

9.1 挤出造粒概述

9.1.1 挤出造粒分类

(1) 按几何形状分类 挤出造粒按几何形状可分为以下三类。

- 1) 方块料。
- 2) 无规则粒料。
- 3) 圆柱形或近似圆柱形粒料。

塑料造粒工艺流程如图 9-1 所示。

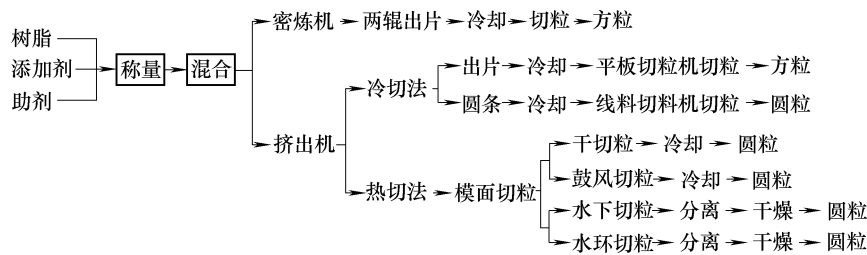


图 9-1 塑料造粒工艺流程

方块料是用开炼方法，先炼成片，然后把片纵切成条，再把条横切成粒。PVC 电缆料一般采用这种方法生产粒料。

无规则粒料是将炼好的塑料冷却后，投入到粉碎机中通过粉碎而得到的。例如，在小型试验中，因仅需少量的料，采用此法制备粒料较为方便。在中空吹塑成型中产生的边角料也是经过粉碎，再按一定的比例掺入到新料中进行再生产。

圆柱形或近似圆柱形粒料是先挤出成条再进行切粒，大多数树脂合成厂通常采用这种方法生产粒料。挤出切粒法生产粒料稳定且自动化程度高，生产效率高。挤出造粒才是真正意义上的造粒，也是本章所要论述的内容。切粒方法与颗粒形状见表 9-1。

表 9-1 切粒方法与颗粒形状

切粒方法	出片切粒	出条切粒	空冷模面切粒	水中模面切粒
颗粒形状	 立方体	 圆柱体	 圆柱或围棋子状	 围棋子或球状
粒子尺寸/mm	3×3×3	φ3×(1~6)	φ3×(1~3)	φ3×(1~3)

(2) 按用途分类 为了便于挤出成型加工，将树脂粉和各种助剂混合在一起，经捏合挤出，制成一定形状的颗粒，这个过程就叫造粒加工。挤出造粒按用途可分为专业造粒、自用造粒、回收废旧塑料造粒。按粒料的产品性能可分为专用料、改性料、色母料。

1) 专业造粒。专业造粒指用普通树脂,通过配方混合改性,制成专用粒料,用于各种制品的成型生产。如电线电缆包覆料,衣架铁线包覆料。填充母料主要有填充改性母料和增强改性母料。填充改性母料起降低生产成本、提高制品性能的作用,广泛用于碳酸钙改性母料和塑料编织袋、打包带、吸塑片材、购物袋、中空制品、汽车专用料、家电专用料、PP-R管专用料、铝塑管材专用料、聚氯乙烯塑化木粉料、医用管专用料、耐候防雾大棚专用料等。增强改性母料,如玻纤母料、炭黑母料、阻燃母料、抗静电母料等。专用粒料一般都是由专业厂家按生产需要选择不同树脂主料,再按比例掺入一些添加剂和助剂,混合均匀后经塑化造粒而成。通过专业厂配混造粒的专用粒料,采用大批量生产,质量可靠,配比正确,可以放心使用。

2) 自用造粒。自用造粒指塑料制品企业因自己生产的需要,把生产过程中产生的边角料、下脚料和废品,通过加工后进行的再次造粒。一般把自用造粒按一定比例加在新料里掺混生产,使生产中的废料不浪费,同时又保障了生产的稳定性。在木塑制品生产中一般采用先混合加工再造粒,然后再挤出的二步法生产工艺。

3) 回收废旧塑料造粒。我国每年消耗塑料制品几千万吨,按50%的回收利用率发展循环经济,每年千万吨级的回收废旧塑料造粒产业是巨大的。目前我国已成功开发出专业的废旧塑料回收造粒机械,不但可满足国内市场,还出口海外。

4) 色母料造粒。色母料造粒的优点:

- ① 可使颜料分散均匀,制品质量优良。
- ② 可降低产品的成本,简化生产管理工作。
- ③ 使配色技术与操作简单化。
- ④ 可使环境清洁,改善劳动条件。
- ⑤ 可保持添加量的稳定。

为了达到优质着色,必须经过颜料的润湿、细化和稳定化以及与塑料的均匀混合等过程。采用不同的设备和工艺,所得的着色效果也不同。常用的是冲洗法和捏合法两种。这两种工艺由于有砂磨机,可使颜料颗粒达到 $1\mu\text{m}$ 以下,且颜色粉末和油性分散剂掺混,再加入转相剂,经过搅拌和捏合,在一定条件下,使颜料从水相完全转入油相,得到的色母料分散性好,且很稳定,可达到最好的着色效果。

(3) 按加工方法分类

1) 冷切法。冷切法就是在物料完全冷却后再进行切粒。

2) 热切法。采用具有弹性装置的旋转切刀,切断刚从口模挤出来的圆形料条,在切断物料时仍有较高的温度,所以叫热切法。

9.1.2 挤出造粒的配方、优点和应用

(1) 原材料与配方

1) 塑料鞋粒料。塑料鞋粒料所用树脂多为SG3中等黏度的型号,增塑剂的加入量一般在70份(质量份)以下。几种增塑剂搭配使用,根据使用地区可适当添加耐低温的增塑剂。稳定剂用铅盐类或硬脂酸盐类,特殊情况下可用有机锡类。

泡沫鞋料(质量份): PVC, 100; DOP, 35; DBP, 30; 环氧硬脂酸丁酯, 5; 石油酯, 10; 3PbO , 0.5; 2PbO , 1.0; PbSt , 0.5; BaSt , 1.0; AC, 0.5; HSt , 0.1; CaCO_3 , 3。

不透明鞋料 (质量份): PVC, 100; DOP, 20; DBP, 25; 环氧硬脂酸丁酯, 5; 石油酯, 15; 3PbO, 2; 2PbO, 2; PaSt, 0.5; BaSt, 1.0; CaCO₃, 3。

半透明鞋料 (质量份): PVC, 100; DOP, 26; DBP, 26; DOS, 6; 有机锡, 1.5; 3PbO, 0.3; BaSt, 0.2; CdSt, 0.8。

珠光鞋料 (质量份): PVC, 100; DOP, 28; DBP, 26; 环氧大豆油, 10; 月桂酸二丁基锡, 2.2; BaSt, 0.9; CdSt, 0.8; 珠光颜料, 2。

仿皮鞋底鞋料 (质量份): PVC, 100; DOP, 20; DBP, 20; M-50, 15; 氯化石蜡 6; CPE, 8; 3PbO, 2; 2PbO, 2; BaSt, 0.8; PbSt, 0.4; 石蜡, 0.2。

2) 硬质与半硬质 PVC 日用品粒料。

镜框粒料 (质量份): PVC, 100; DOP, 10; PbSt, 0.6; BaSt, 0.3; CdSt, 0.6; 螯合剂, 0.8; 石蜡, 0.8; 着色剂, 适量。

仿藤条 (质量份): PVC, 100; DOP, 8; 3PbO, 4; BaSt, 2; 月桂酸二丁基锡, 0.5; 石蜡, 0.5; 着色剂, 适量。

塑料帽 (质量份): PVC, 100; DOP, 5; 3PbO, 4; BaSt, 2; 石蜡, 0.5; 着色剂, 适量。

梳子粒料 (质量份): PVC, 100; DBP, 9.5; 环氧油酸丁酯, 2.5; BaSt, 0.8; CdSt, 1; 月桂酸二丁基锡, 1; 石蜡, 0.5; 着色剂, 适量。

透明丝粒料 (质量份): PVC, 100; DOP, 7; DBP, 4; BaSt, 0.8; CdSt, 0.5; 月桂酸二丁基锡, 1.2; 螯合剂, 0.8; 着色剂, 适量。

3) 挤出母粒料。

聚烯烃填充母粒料 (质量份): 载体树脂 (PE 或 PP), 15 ~ 20; 重质碳酸钙, 70 ~ 80; 偶联剂, 0.6 ~ 1.2; 润滑剂, 5 ~ 7; 分散剂, 适量; 光稳定剂, 适量。

分散剂可选用聚乙烯蜡或硬脂酸。

聚烯烃色母粒料 (质量份): 载体树脂 (PE 或 PP), 70 ~ 30; 颜料, 30 ~ 70; 分散剂, 适量; 润滑剂, 0.1 ~ 0.2; 添加剂, 适量。

(2) 挤出造粒质量要求

1) 粒的尺寸规格。可以是边长为 3mm 或边长为 4mm 的立方体, 也可是直径为 3mm、长度为 2 ~ 6mm 的圆柱体。

2) 颗粒大小要均匀、无碎末料。

3) 塑化均匀、色泽光亮、无杂质。

4) 颗粒无粘连现象, 不允许有较长的 (长度超过 30mm) 的条形粒。

(3) 粒料的优点 采用颗粒料不仅比粉料加工成型好, 而且还具有以下优点。

1) 加料方便, 不需要在加料斗安装强制加料器。

2) 颗粒料相对密度比粉末料大, 塑料制品强度较好。

3) 造粒后树脂与各种固体粉末料或液体助剂的混合较均匀, 塑料制品的物理性能也较均匀。

4) 塑料制品色泽较均匀。

5) 颗粒料含空气挥发物较少, 塑料制品不易产生气泡。

6) 因无粉末飞散, 颗粒料对挤出机和生产环境无污染, 改善了劳动条件, 提高了环保指标。

(4) 不同造粒方式比较和应用 挤出造粒分为热切和冷切两大类，热切分干式热切和湿式热切，湿式热切中又有水环切粒、水下切粒、偏心切粒等不同方式。各种不同挤出造粒方式的特点和应用范围见表 9-2。

表 9-2 不同挤出造粒方式的特点和应用范围

切粒方式		技术特点	应用范围	
热切	干式热切	塑料以条状挤出,立即用旋转刀切下,由风送到冷却装置冷却并过筛	软、硬聚氯乙烯类不易粘接的塑料,低卤阻燃电缆料,EVA 屏蔽料,炭黑母料。设备简单,投资小,适合小批量生产	
	湿式热切	水环切粒	塑料以条状挤出,立即用高速旋转刀切下,并抛向切料罩内壁高速回转的水环流中,水流把颗粒料带到脱水器脱水干燥后,最后在冷却器中冷却	聚烯烃材料、弹性体、热熔胶。低噪声,低能耗,投资小,适合中小型企业使用
		偏心切粒	塑料以条状挤出,被一个偏心安装的刀切下,并落入下方水槽中,由循环水流带走,在脱水器中脱水干燥后,最后在冷却器中冷却	聚烯烃材料,设备简单,但容易发生颗粒粘连,目前已较少使用
		水下切粒	塑料以条状挤出,直接进入水中,并被旋转刀切成颗粒,由循环水带到脱水器中脱水干燥	聚烯烃材料、弹性体、热熔胶。低噪声,低能耗,高产量,适合大中型企业使用
冷切	挤出条料冷切	塑料以条状挤出,经水槽冷却后,进入切粒机切粒	适应性强,工程塑料、色母料、功能母料等	
	挤出片料冷切	塑料以条状挤出,经冷却辊冷却后,进入切粒机先裁成条再切粒	熔体强度差的塑料	

造粒是将树脂及各种助剂经计量、混合及塑炼制成便于成型的密实的球形、圆柱形、立方形颗粒的生产过程，它是塑料制品生产的中间环节。粒料是树脂合成厂的最终产品，同时又是塑料制品厂的原料。

不同的造粒方法各有其优缺点，也各有其适用的树脂种类。由密炼机塑炼、开炼机压片后切粒的方法，塑炼与混合质量容易控制，但劳动强度特大。挤出造粒操作连续、密闭，杂质滤出容易，产量高，劳动强度小，环境洁净，噪声小，但炼塑质量不如密炼压片方式好控制。几种常用树脂适用的造粒方法见表 9-3。

表 9-3 几种常用树脂适用的造粒方法

造粒方法 树脂	冷切法			热切法			
	炼片冷切	挤片冷切	挤条冷切	干热切	空冷热切	水环热切	水下热切
软聚氯乙烯	○	○	○	○	○	○	○
硬聚氯乙烯	○	○	○	○	○	○	△
聚乙烯	△	○	○	×	×	○	○
聚丙烯	×	△	○	×	×	○	○
ABS	○	○	○	△	△	○	○
聚酰胺	×	△	○	×	×	×	○
聚碳酸酯	×	×	○	×	△	○	△
聚甲醛	×	×	○	×	×	×	△

注：○—适宜；△—较适宜；×—不适宜。

9.2 挤出造粒生产设备

9.2.1 混炼设备和挤出机

塑料造粒生产线因塑料品种不同，所用设备也有所差异。如 PVC 塑料挤出造粒的主要

设备有捏合机、高速混合机、密炼机、挤出机、机头、切粒机、冷却装置等,而其他改性塑料挤出造粒的设备与PVC挤出造粒设备的主要差别是不用密炼机。

(1) 捏合机与高速混合机 捏合机与高速混合机的作用是将各组分添加剂与树脂进行初混合,利用机械搅拌与加热,使原料各组分分散均匀。捏合机有螺旋式捏合机、Z型搅拌器捏合机和高速混合机(也称为高速捏合机因捏合机是卧式混合机的一种)三种。前两种为慢速捏合机,目前普遍使用的是高速混合机。高速混合机一般是具有叶片螺旋桨的混合机,从功能上讲都是起混合作用的,一般认为是有Z型的转子或有螺旋带的混合机。高速混合机由回转盖、混合锅体、搅拌器、折流板、排料装置、加热装置及热电偶、电动机等组成。

高速混合机的加热有蒸汽加热和电加热两种,所以也被称为热混机,而不加热的高速混合机也因此又被称为冷混机。

(2) 挤出机的选用 对不同品种及配方的塑料,选用不同结构的挤出机。

1) 硬质聚氯乙烯塑料造粒。最好选用锥型双螺杆挤出机,也可选用渐变型单螺杆挤出机。锥型双螺杆挤出机的螺杆直径为45~120mm,长径比为25~28,压缩比为2.0~2.5。

2) 软质聚氯乙烯塑料造粒。最好选用锥型双螺杆挤出机,也可选用渐变型单螺杆挤出机。锥型双螺杆挤出机的螺杆直径为45~200mm,长径比为25~28,压缩比为2.5~3.0。

3) 聚乙烯塑料造粒。最好选用平行同向旋转双螺杆挤出机,也可选用计量型单螺杆挤出机。平行同向旋转双螺杆挤出机的螺杆直径为45~150mm,压缩比为3.0~3.5。还可采用新型组合式螺杆造粒,它的混炼效果更好。

4) 聚丙烯塑料造粒。最好选用平行同向旋转双螺杆挤出机,也可选用带混炼头的单螺杆或计量型单螺杆挤出机。平行同向旋转双螺杆挤出机的螺杆长径比为25~30,压缩比为3.0~4.0。还可采用新型组合式螺杆造粒,它的混炼效果更好。

5) 熔体喂料式挤出机。若原辅料、颜料、助剂已在连续混料机或双螺杆机中完成混合,则此后只起挤出造粒功能。这台挤出机应具有较大的螺杆直径和较小的长径比($L/D \leq 20$),以适合熔体喂料的特点,在加料口处还应设有啮合形式的双螺杆加料器。

6) 单螺杆挤出机。当树脂、颜料和其他助剂经高速搅拌机或滚筒式混合机混合后,可用单螺杆式挤出机熔融混合并挤出造粒,形成色母粒,但这种单螺杆挤出机的长径比应不低于25。为便于颜料处理后残留的易挥发物排出,最好选用排气式单螺杆挤出机,且螺杆要具有特殊结构,如销钉螺杆、波状螺杆等,再加上一定的工艺条件,就可制得品质优良的色母料粒。

7) 双螺杆挤出机。用于生产色母粒料的双螺杆挤出机通常采用同向旋转啮合型双螺杆挤出机。螺杆结构是组合式的,除输送装置外,还配有菱形和曲边三角形(由三段圆弧所围成的图形)捏合盘装置、齿形啮合盘装置共三种形式。捏合盘装置使熔体产生循环流动,运动空间的变化使物料反复受压缩、膨胀,并产生高剪切和良好的热传递。三种捏合盘的错列安装可使熔体分流,产生良好的纵向混合、横向混合和热传递。螺纹表面的自洁作用可防止粉料或熔体附着在螺杆和机筒上,因而减少了换料时的清理时间。双螺杆挤出机设有排气段,可以有效排气。在双螺杆挤出机的前端还安装有滤网,可以清除杂质和料中未打开的颜料团。

机头和切粒装置是配套的,输送冷却装置也是配套的,风冷采取风送,水冷采取水送,

下面对此进行详细介绍。

9.2.2 干式热切风送冷却机组

干式热切风送冷却机组由挤出机、机头、热切粒装置、料粒风送系统、冷却装置等组成，如图 9-2 所示。

热切造粒机头结构如图 9-3 所示。

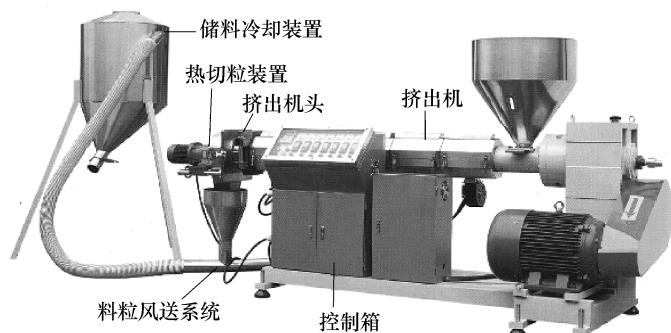


图 9-2 干式热切风送冷却机组

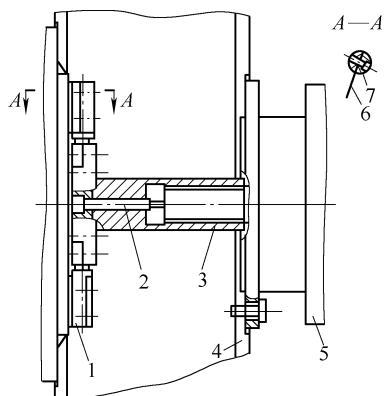


图 9-3 热切造粒机头结构

- 1—刀架 2—固定螺钉 3—刀架轴
4—集料罩 5—电动机 6—刀片
7—压板

干式热切风送冷却机组，主要适合于熔融黏度较大的 PVC 塑料造粒。该设备结构简单，操作方便。它将切粒机的旋转切刀紧贴在机头出口模板上，直接将从机头挤出来的热的圆条状塑料切成粒料，然后用冷风将粒料吹到粒仓，经风冷至常温后装袋入库。

干式热切造粒机头为带有分流器的多孔机头，分流器将从过滤网、多孔板挤出的物料逐渐减薄，分流到多孔模板的出料孔。出料孔为同心圆分布，一般是两圈。若机头和挤出机较大，出料孔也可多排几圈。模板出料孔的直径进端大，出端小，对熔融物料起压缩作用，使挤出的圆料条光滑密实，无凹陷和气泡。切刀轴上一般安装 2~4 把切刀，若挤出机和机头较大，模孔排列较多，挤出条料多，切刀数量可增至 6~8 把。切刀形状可为长条形，也可为

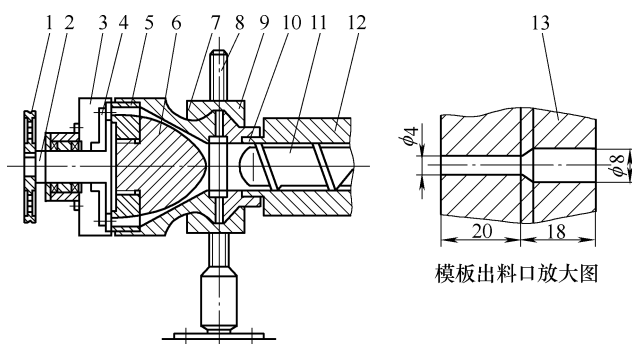


图 9-4 干式热切造粒机头与切刀的连接

- 1—带轮 2—切刀轴 3—罩子 4—切刀 5—多孔模板 6—分流器
7—机头体 8—丝杆 9—哈夫锁紧法兰 10—多孔板
11—螺杆 12—机筒 13—模板出料孔

镰刀形。镰刀形效果较好，不易产生“连粒”现象。干式热切造粒机头与切刀的连接如图 9-4 所示。切刀紧贴模板出料口平面上，切刀装置可以前后移动，以方便对机头的清洗工作。另外刀片或刀轴一般都装有弹簧压紧装置，用于消除刀片与出胶模板的间隙。

9.2.3 水环湿式热切粒机组

水环湿式热切粒机组用于聚乙烯、聚丙烯造粒，是挤出造粒产量最高的高效新型设备。由于聚烯烃熔融黏度较小，冷却速度较慢，粒子会粘接成团，因此用干式热切粒是无法造粒的。虽然在聚烯烃树脂中加入大量填料或颜料时（加入量超过30%），也可用干式热切粒，但产量非常低，所以聚乙烯、聚丙烯这些冷却慢的和弹性体、热熔胶这些软且易粘连的塑料造粒广泛采用水环湿式热切粒机组。水环湿式热切粒机组采用直角机头，挤出的料条向下将机头口模置于高速回转的水环中间，采用热切装置，料粒从机头口模切下后，立即浸入冷却水中，不会发生粘接现象。且切下的颗粒被高速旋转的水环带走。水环湿式热切粒机组外形如图9-5所示，它由挤出机、机头、水环切粒装置、电动机、振动筛、振动装置、循环水槽、鼓风机送装置、旋风分离器等组成。水环湿式热切粒机组的平面布置如图9-6所示，它由机头、水环壳体、切刀、传动系统、水和料粒出口、高速水进口等组成。水环造粒由于效率高，能源消耗小，设备简单，投资少，因此被广大中小企业广泛采用。

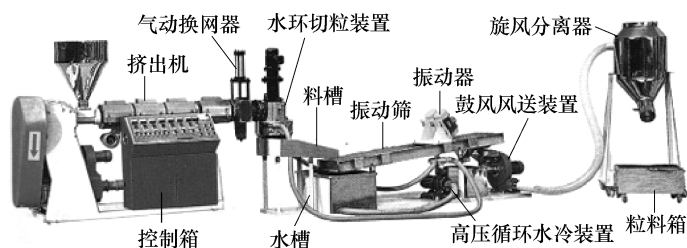


图9-5 水环湿式热切粒机组外形

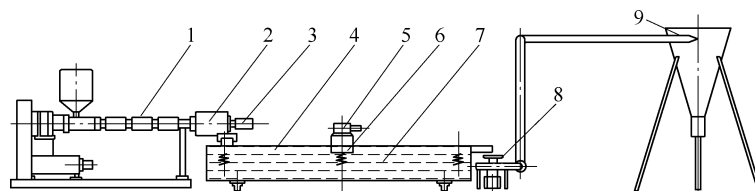


图9-6 水环湿式热切粒机组平面布置

1—挤出机 2—水环切粒装置 3—电动机 4—振动筛 5—振动装置
6—弹簧 7—循环水槽 8—鼓风风送装置 9—旋风分离器

水环湿式热切粒机组适合下列粒料的成型生产。

- 1) PE、EVA、PP 等填充碳酸钙、滑石粉、钛白粉、炭黑等的改性料。
- 2) LDPE、MDPE、HDPE、LLDPE 的电缆护套料、绝缘料、辐照交联料、热收缩护套料。
- 3) PE、PP 管材专用料，TPR、PTU 弹性体料，热熔胶颗粒料。
- 4) PE、PP、EVA、PS、ABS 等的色母料和阻燃、降解母料。

水环立式造粒机头如图9-7所示，粉状聚乙烯或聚丙烯与添加剂从料斗中加入后，经螺杆熔融塑化，从机头多孔口模板中挤出，紧贴口模板的旋转切刀将挤出的圆柱形塑料切断，成圆柱状或药片状颗粒。因多孔模头和切刀都浸在水中，塑料粒子落入水中不会粘连，颗粒料随温水循环系统离开机头，进入脱水槽与水分离，干燥后由风送装置送至料仓。

水环卧式造粒机头如图 9-8 所示。

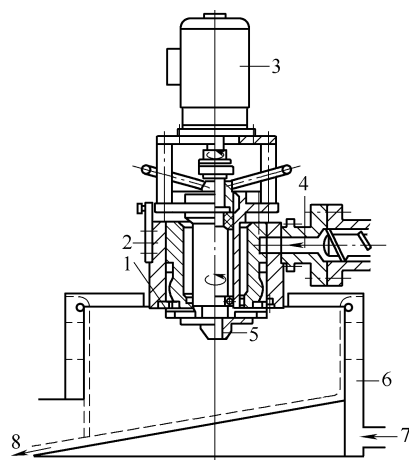


图 9-7 水环立式造粒机头

1—模板 2—机头体 3—电动机 4—熔体
5—切刀体 6—水环室 7—进水口
8—料和水混合物排出口

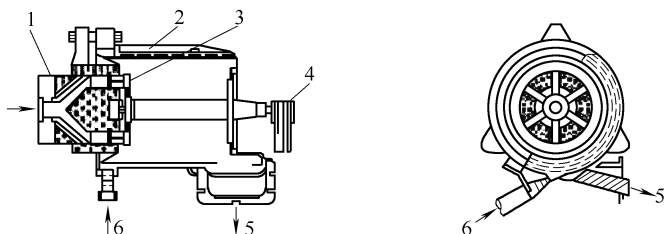


图 9-8 水环卧式造粒机头

1—机头 2—水环壳体 3—切刀 4—传动系统
5—水和粒料出口 6—高速水进口

9.2.4 偏心湿式热切机组和水冷模面切粒机

把热切切粒刀具换成偏心装置，并且把风冷改成水冷，就构成偏心湿式热切机组，如图 9-9 所示。偏心湿式热切机组主要由挤出机、机头、偏心切粒装置、水槽、干燥装置等组成。偏心切粒机头如图 9-10 所示。它刀轴是偏心式，出料孔布满整个面板，因此产量较高。该机头孔的分布要均匀，且设计合理。

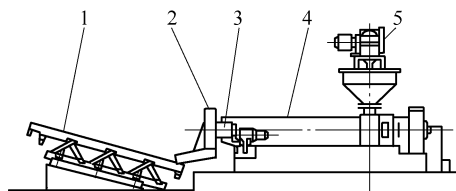


图 9-9 偏心湿式热切机组

1—干燥装置 2—水槽 3—切粒装置
4—挤出机 5—加料装置

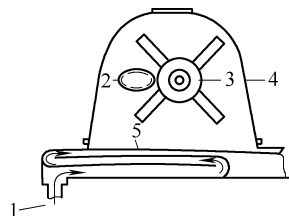


图 9-10 偏心切粒机头

1—进水口 2—机头口模板 3—刀盘
4—外罩 5—出水口（包括粒料）

水冷模面切粒机如图 9-11 所示。

水冷模面切粒机的刀具类似一种铣齿刀，机头出料口呈水平式直线排列。熔融物料从料孔中挤出后，被螺旋铣齿切刀切成颗粒。与此同时，模板前部喷出的水将粒料冷却。这种水冷模面切粒机适合所有热塑性塑料，包括 PA、PET 和 PVC 的造粒。

9.2.5 水下湿式热切机组

水下湿式热切机组用于 PE、PP 树脂的造粒，是挤出造粒产量较高的新型设备。水下切粒挤出机的螺杆直径较大，一般为 350 ~ 480mm，长径比为 25 ~ 28，带混炼头，工艺流程如

图 9-12 所示, 机头和切刀在循环的温水中进行工作。

水下切粒的优点是颗粒不易粘连, 大小均匀, 外形光滑、圆润, 加工时易下料, 机头模板孔数多, 切刀可高速旋转, 因此产量高。用直径 480mm 的螺杆, 转速 110r/min, 电动机功率 2200kW 的挤出机制造聚乙烯粒料, 最大生产率可达 15t/h。

水下切粒机头如图 9-13 所示。挤出机头的隔热保护非常重要。隔热保护的目的是要减少被水带走的热量。相对于机头近 200℃ 的温度, 尽管此时循环水的温度只有 70~80℃, 但如果不搞好隔热处理, 热量的损失是惊人的。隔热的目的就是确保机头的温度不能下降太多, 以免导致机头过冷出不了料。隔热层可以是外置的 (见图 9-14), 也可以是内置的 (见图 9-15)。外置隔热层的水下切粒机头由螺钉、机头口模板、隔热板、机头体等组成。内置隔热层的水下切粒机头由隔热板、口模板、耐磨表面、隔热流道、机头体、热载体流道、密封圈等组成。

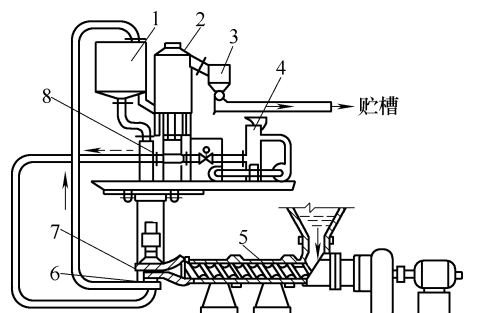


图 9-12 水下切粒工艺流程

- 1—脱水槽 2—干燥器 3—产品接受器
4—过滤器 5—挤出机 6—多孔模板
7—水下切粒机头 8—加热器

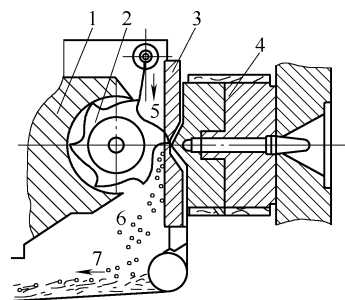


图 9-11 水冷模面切粒机

- 1—切粒机构 2—铣齿切刀 3—模板
4—机头体 5—喷水 6—粒料 7—排水

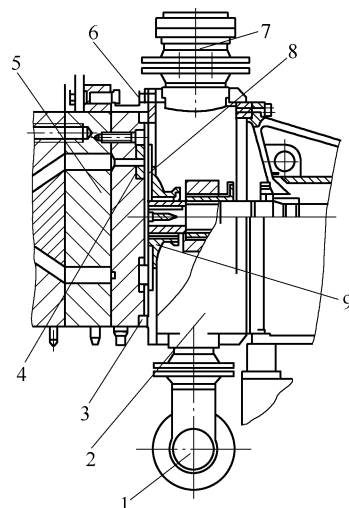


图 9-13 水下切粒机头

- 1—进水管 2—切料水箱壳 3—密封条
4—口模 5—机头分流板 6—连接螺栓
7—料粒与水出口 8—刀片 9—隔热板

9.2.6 空中热切粒机组

空中热切粒的设备和切刀与干式热切风送冷却机组基本相同, 只是对颗粒的冷却方式不同。空中热切粒是将机头与切刀装入切料罩内, 在切料罩下面鼓入冷风, 防止颗粒粘结。冷风将粒料吹起, 并冷却粒料, 由风输送粒料进入冷却装置进一步冷却后包装。为防止机头多孔模板被风冷却, 应在机头处设置隔热装置。这种方法适用于 SPVC 和聚烯烃色母料造粒或改性料造粒。空中热切粒装置如图 9-16 所示。

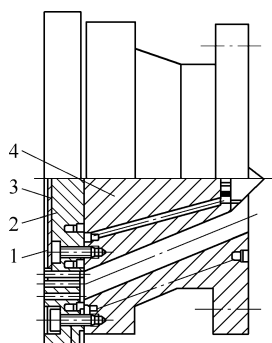


图 9-14 外置隔热层的水下切粒机头

1—螺钉 2—机头口模板
3—隔热板 4—机头体

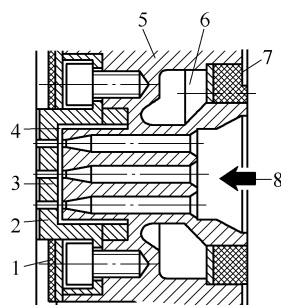


图 9-15 内置隔热层的水下切粒机头

1—隔热板 2—口模板 3—耐磨表面 4—隔热流道
5—机头体 6—热载体流动 7—密封圈 8—熔体流动方向

如果用喷淋水冷却代替风冷，则称为水冷空中热切粒，它适合于 PP 等塑料的造粒。当在聚烯烃树脂中加入大量的（加入量超过 30%）填料或颜料时，也可以采用干热切粒造粒，但产量较低。

空中热切粒机头的模板通常采用双排孔出料，双排刀切粒，只有较大的挤出机和机头采用三排或四排孔出料，机头切出的粒料长度基本一致。

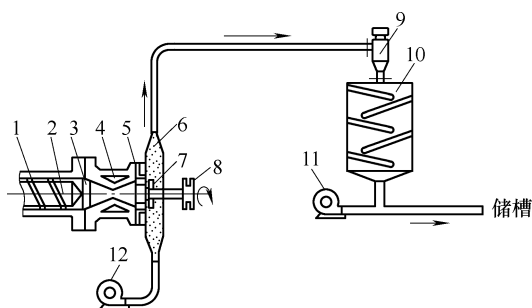


图 9-16 空中热切粒装置

1—机筒 2—螺杆 3—过滤板 4—机头 5—多孔模板
6—玻璃罩 7—切刀 8—带轮 9—旋风分离器
10—冷却箱 11、12—鼓风机

9.2.7 挤出条、片料冷切机组

(1) 挤出条料冷切机组 挤出条料冷却造粒是最早使用也是应用最广泛的造粒方式，挤出条料冷切机组如图 9-17 所示。这种造粒方式要求树脂熔体强度比较好，不容易拉断，不适合 PP、PET、PA 这类塑料。挤出条料冷切机组主要由挤出机、机头、冷却水槽、切粒机等组成。图 9-18 所示为强制拉条冷切粒机

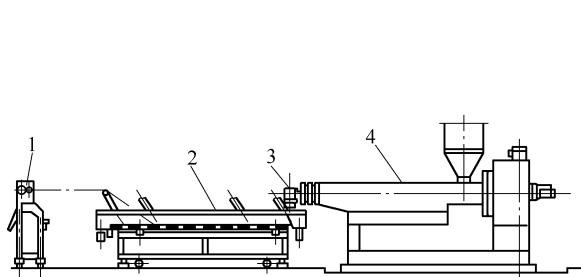


图 9-17 挤出条料冷切机组

1—切料装置 2—冷却水槽 3—机头 4—挤出机

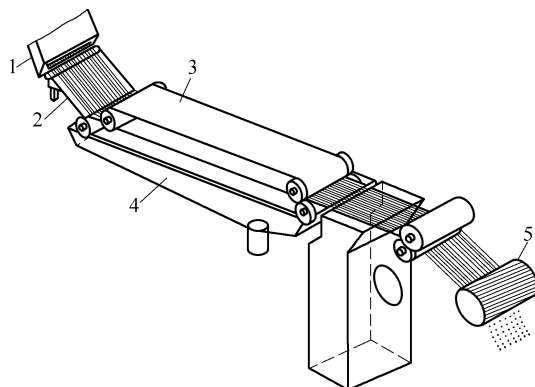


图 9-18 强制拉条冷切粒机组

1—机头 2—引导装置 3—传送带 4—水槽 5—切刀

组,其工艺流程为挤出机→多孔板与滤网→拉条机头→风冷或水冷却→切粒→圆柱颗粒→包装入库。

有时为了便于操作或在难于成条的情况下,使用强制拉条切粒机。强制拉条切粒机上有引导装置和把料条引向切刀的一对传递带,它们把料条引入水槽。水槽可以是倾斜的,使冷却水向后自动排出,料条晾干后切粒。料条数目一般不超过40根。料条直径由牵引速度决定,粒料的长度由送料辊速度确定。料条牵引速度一般为60~70m/min。

(2) 挤出片料冷切机组 挤出片料冷切机组的组成基本与挤出条料冷切机组一样,只是片料不用水冷,而采用的是冷却辊冷却,如图9-19所示。由于片料在被输送到切粒机的过程中不容易像条料那样拉断掉在地上报废,所以一个员工可以同时操作几台机组。

图9-20所示的冷切机是与挤出片料冷切机组配套使用的,它也可用于条料冷切,只是在进行条料切断时需拆除纵向切条辊(片料专用辊)。

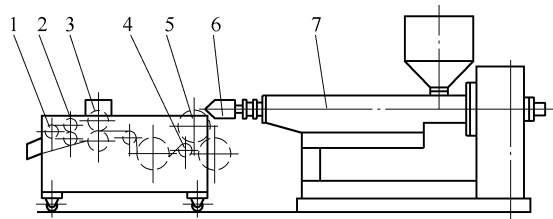


图9-19 挤出片料冷切机组

1—旋转切粒装置 2—切条辊 3—牵引辊 4—导辊
5—冷却辊 6—机头 7—挤出机

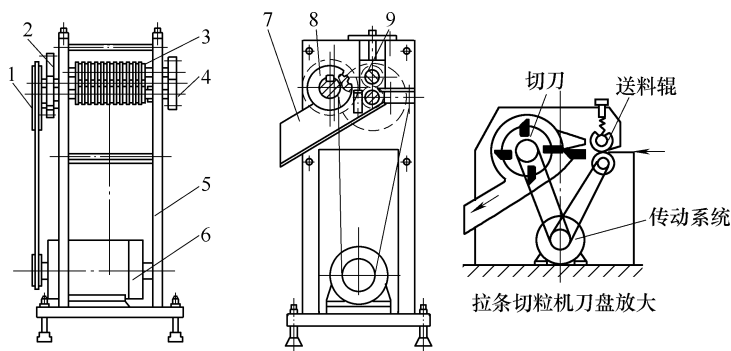


图9-20 冷切机

1—传动系统 2—传动齿轮 3—纵向切条滚辊 4—传动齿轮 5—机架
6—电动机 7—卸料槽 8—切粒刀盘 9—剪切板

9.3 挤出造粒机头设计

(1) 挤出造粒机头分类 (按结构分类)

1) 圆形造粒机头。图9-21所示为模面切粒挤出造粒机头,它出料口成圆形排列。因双排孔布置的外形为圆形,因此也被称为圆形造粒机头。

2) 芯棒式造粒机头。由于这种机头的内部设有芯棒结构,所以被称为芯棒式造粒机头。

3) 带自动压紧装置的造粒机头。这种机头的刀架后面设有弹簧装置,可利用弹性力自动压紧刀架,压力的大小可通过丝杆上的弹簧压紧螺母调节。

4) 锥形流道造粒机头。因这种机头的流道形式为锥形而得名。

5) 直线布置造粒机头。冷切一般使用直线布置的造粒机头。为了防止粘连, 只能单排布置, 如图 9-22 所示。

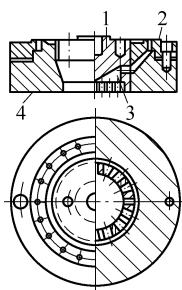


图 9-21 模面切粒挤出造粒机头

1—分流锥 2—出条孔板
3—多孔板 4—机头体

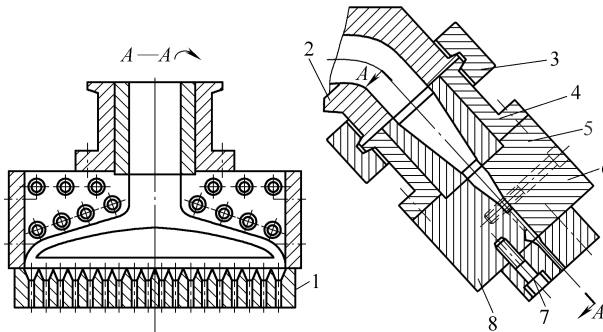


图 9-22 直线布置造粒机头

1—多孔板 2—连接体 3—哈夫夹 4—过渡连接法兰
5—过渡套 6、8—机头体 7—螺钉

直线布置造粒机头按机头内的压力大小可分为低压机头 (料流压力不大于 4MPa)、中压机头 (料流压力为 4~10MPa)、高压机头 (料流压力大于 10MPa)。

(2) 造粒机头设计要求

- 1) 出料口的排列要均匀一致。
- 2) 口模处要有良好的耐磨性, 其硬度不应低于 50~55HRC。
- 3) 带弹性装置的造粒机头, 弹簧的硬度不应低于 50~55HRC, 连续工作不应发生残余变形, 能保持足够的弹性。

4) 刀片不仅要有足够的硬度, 还要有足够的弹性、刚度和耐磨性。

5) 口模处 (口模接触切刀片的部分) 应略高于口模板平面。

6) 设计时应参考管材设计的通用要求和参数。

7) 具有快速换网装置。为了保证挤出制品的成型质量, 一般在挤出机筒前端装有换网装置。尤其是再生造粒机, 其原料是旧杂废料, 夹有大量杂质, 必须用多孔板过滤网隔离, 以阻止杂质进入机头。挤出机工作时, 过滤网滤出的杂质会阻滞熔料的流动, 这时要用换网装置及时调换过滤网。换网装置有手动型和液压驱动式多种类型。手动型换网装置换网时需停车, 生产效率低, 使用较少。液压驱动式换网装置是目前应用较多的一种换网装置, 其结构如图 9-23 所示。过滤网和支承过滤网的多孔板有两个工位。换网时, 液压缸驱动滑板把两个装网工位调换, 拉出滤有杂质的过滤网, 新网移到熔料通过的位置。这种方法结构简单, 不需停车, 方便快

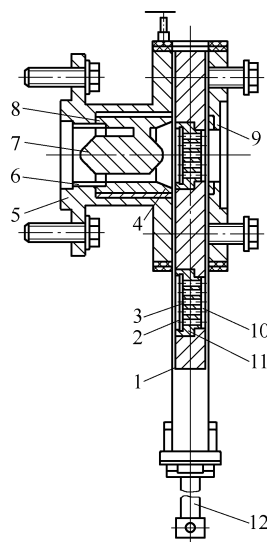


图 9-23 液压驱动式换网装置

1—滑板 2—滤网 3、4—滤网座
5—外壳体 6—密封环 7—分流锥
8—分流锥架套 9—限位板
10—多孔板 11—支承环 12—拉杆

捷。滑板移动的间隙，在换网后的瞬间被挤出的熔料渗入，并凝固成薄膜，阻止了熔料的漏出，达到了自动密封的目的。

8) 流道呈流线型，不能存在死角，且塑料的黏度越大，流道变化的角度就应该越小。通常，机头的扩张角与收缩角都不能大于 90° ，且收缩角应比扩张角稍小。

9) 机头型腔要有足够的压缩比，以使机头口模出胶段（定直段）有足够的压力，保证料坯密实。

10) 在满足强度的条件下，结构要紧凑，与机筒连接要严密，易于拆装。最好设计为易开启式或快速换网式机头，以方便清理多孔板或快速更换滤网。

(3) 造粒机头零部件材料的选择

- 1) 耐腐蚀，耐磨损。
- 2) 有足够的强度和刚度。
- 3) 容易进行电镀和提高表面硬度的热处理。
- 4) 在高温（约 $300 \sim 400^\circ\text{C}$ ）下工作不变形。

9.4 挤出造粒成型试模调机

9.4.1 挤出造粒

(1) 配料前的准备工作 配料前的准备工作包括树脂过筛、增塑剂过滤、粉末状添加剂磨浆、色母料粉的配制、原材料干燥、块状添加剂的加热熔化等。

高聚合物树脂在生产、包装、运输过程中，可能混入机械杂质或其他杂质，为防止损坏造粒设备和降低产品质量，树脂也要过筛后使用。粉末聚氯乙烯采用40目的筛网过筛，颗粒状聚乙烯或聚丙烯过筛，可选用比颗粒稍大点的细丝网过筛。

为防止增塑剂内混有机械杂质或黑色、杂色杂质，影响产品性能，在生产电缆料时，增塑剂一般用60~120目的过滤网过滤。黏度大的用60目，黏度小的用120目。

对颗粒较粗或容易结团的粉末状添加剂，最好先用增塑剂进行磨浆。以浆料加入，混合分散于树脂中较均匀。磨浆设备为三辊研磨机，添加剂与增塑剂的比例为1:1，浆料细度指标为60~80目。

浆料配方比例为质量份数之比，比例主要根据粉状料表观密度的大小确定。粉料表观密度大，需要加入的增塑剂数量多。增塑剂一般用黏度小的DOP。在增塑剂投料中，应扣除磨浆时加入的量。

对硬质聚氯乙烯制品，因不需要加入增塑剂，因此都是先制造高浓度的聚氯乙烯色母粉，然后加入捏合机混合。如硬质聚氯乙烯管材染色就采用这种方法。用捏合机制造色母粉时，应当加入稳定剂，防止树脂分解。

对易吸潮的树脂及添加剂（如尼龙和ABS），在捏合或挤出之前必须先干燥除水，必须干燥至含水量小于0.1%。干燥设备有沸腾干燥器、真空干燥器或真空干燥料斗等。

有些功能性的母料，如抗静电母料、高粘连母料、珠光母料、填充剂母料等，由于易吸潮，因此在加入挤出机前也应进行干燥，否则会影响生产或降低产品质量。

块状的硬脂酸和石蜡是塑料加工中应用较多的润滑剂，若直接加入捏合机，会因高速捏

合机内的高速旋转撞在折流板上,损坏折流板,所以必须先加热熔化后再加入捏合机。硬脂酸的熔点为 69.6℃,石蜡熔点为 60℃。

(2) **配方称量** 在将塑料的原材料投入捏合机或密炼机进行混合前,首先应按设备容积和投料系数,估算出投料量,并根据投料总量精确计算称量。称量必须准确,否则质量不稳定,容易波动。

(3) **配料捏合** 捏合可分为加热捏合与冷却捏合,在高速捏合机中进行。

采用加热捏合时,软质聚氯乙烯捏合时间为 10~15min,出料温度为 95~100℃;硬质聚氯乙烯捏合时间为 5~10min,出料温度为 100~110℃。

采用冷却捏合时,由于从高速捏合机出来的物料温度较高(超过 100℃),若立即放入贮料筒,易发生变色、结团甚至分解。因此,需要进行冷却混合,使物料温度下降到 50℃以下,才能供挤出机使用。采用冷却捏合时,无论软质、硬质聚氯乙烯,捏合时间均为 5~10min,出料料温应在 50℃以下。

密炼采用 50L 密炼机。软质聚氯乙烯色母料密炼时间为 3~5min,密炼温度为 90~110℃,出料料温为 100~110℃;聚乙烯色母料密炼时间为 8~10min,密炼温度为 80~100℃,出料料温为 140~145℃。密炼好的物料为团状料,不能有未塑化的粉料或颗粒料。

(4) **挤出造粒** 挤出造粒可用单螺杆和双螺杆挤出机,主要应控制好挤出温度、螺杆转速、切刀转速和粒料冷却,使粒料不发生粘粒,且颗粒尺寸均匀,塑化较好。切刀转速应调整到颗粒料长 3~4mm。螺杆转速应调整到粒料不发生粘连。挤出软聚氯乙烯电缆料,选用直径为 65mm 的单螺杆挤出机时,各段温度依次为加料段 130~140℃、塑化段 150~160℃、均化段 160~170℃,机头温度为 150~160℃,螺杆转速为 20~30r/min;选用直径为 51~105mm 的双螺杆挤出机时,各段温度依次为加料段 130~140℃、塑化段 140~145℃、均化段 150~155℃,机头温度为 140~150℃,螺杆转速为 15~20r/min。当选用直径为 60mm 平行双螺杆挤出机时,机筒温度依次为加料段 200~220℃、塑化段为 230~240℃、均化段 250~260℃,机头温度为 240~250℃。

9.4.2 典型制品造粒成型试模调机

(1) 医用聚氯乙烯管造粒工艺

1) 原料配方(质量份)。PVC(医疗级)树脂,100;DOP,40;有机酸钙,1.5;有机酸锌,1.8;有机酸铝,1.6;亚磷酸酯,2;其他,适量。

2) 生产设备。高速热混合机、冷混合器、挤出机、切粒机。

3) 生产工艺。医用聚氯乙烯造粒工艺流程如图 9-24 所示。在挤出生产中,挤出机的机筒应保持一定的真空度,以抽出低分子挥发物。

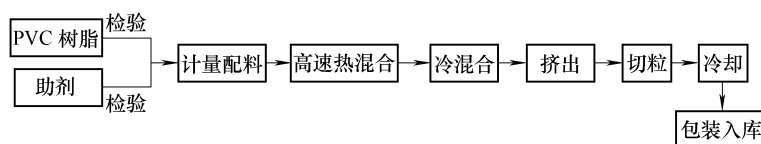


图 9-24 医用聚氯乙烯造粒工艺流程

4) PVC 医用粒料外观尺寸和要求见表 9-4。

表 9-4 PVC 医用粒料外观尺寸和要求

项 目	指 标	项 目	指 标
外部形状	圆柱形粒状物	塑化程度	塑化均匀,无未经塑化的树脂
外形尺寸(直径×长度)/mm	3.5×(3~4)	其他	无杂质
外观	无色半透明		

(2) 铝塑复合管专用粒料

1) 原料配方(质量份)。HDPE, 60; LLDPE, 40; 抗氧剂 168, 0.5~1.0; 聚乙烯蜡, 5~10; 其他, 适量。

2) 生产设备。选用 SJSH-72 平向同向双螺杆挤出机塑化造粒。

3) 生产工艺。

① 采用 2480、7042、7006A 三种树脂共混, 同时添加一定量的抗氧剂和分散剂, 用双螺杆挤出机挤出造粒。

② 工艺条件。内管各段温度分别为进料段 170~180℃、塑化段 190~200℃、均化段 210~220℃、机头温度为 200~210℃。主机螺杆转速为 120~140r/min, 喂料机转速为 23~25r/min。

外管的包覆速度一般为 10~15m/min, 且管材表面应光滑、平整。外管各段温度分别为下料段 180~200℃、塑化段 210~220℃、均化段 230~240℃、机头温度为 220~230℃。出模温度若超过 240℃, 管材表面会出现鱼鳞纹和鲨鱼皮斑。

(3) PVC 和木粉的共混挤出造粒

1) 原料配方: 废 PVC(硬质)、细木粉(经筛选, 以松木为主)、POE-MAH(接枝改性料)。

① 配方 a(质量分数)。PVC, 40%; 木粉, 55%; POE-MAH, 5%。

② 配方 b(质量分数)。PVC, 50%; 木粉, 45%; POE-MAH, 5%。

③ 配方 c(质量分数)。PVC, 60%; 木粉, 35%; POE-MAH, 5%。

2) 生产设备。

① 选用 SJ-72 平行同向双螺杆挤出机塑化造粒。

② 干燥装置。

③ 粉碎机。

④ 混合机

⑤ 天平。

⑥ 烘箱。

3) 混合造粒。将木粉在 80℃ 的烘箱中烘 2h, 同时将废 PVC 用粉碎机粉碎成小颗粒, 并按上述配方混合。再加入适量的邻苯二甲酸二丁酯, 充分混合后送入挤出机。挤出机各段温度分别为进料段 140~150℃、塑化段 150~160℃、均化段 160~170℃、连接段 160~170℃, 机头温度为 155~165℃。熔料挤出后经切粒机切成粒状。

4) 粒料烘干。将粒料放入 60℃ 的烘箱中再干燥 5h。

(4) 耐老化防雾滴农膜母粒料

1) 主料。主料采用熔体流动速率为 2g/min(1 分钟挤出量, 按 GB/T 3682—2000 标准测定)的薄膜级低密度聚乙烯, 以保证主料与助剂有较好的掺混效果, 同时又能分散均匀, 在吹膜时能达到与吹膜基料有相近的流动性和共混相容性。

2) 光稳定剂。高分子材料的老化是在热、氧、光等因素引发下进行的自由基链反应过程,要阻止和延期反应过程就要加入光稳定剂。选择双功能受阻胺光稳定剂与镍螯合型光稳定剂并用,使它们产生协同效应,不但对光氧化和热氧化有较好的稳定作用,还有猝灭激发态和捕捉活性自由基的功能。

3) 防雾滴剂。可选择几种复合型非离子表面活性剂(防雾滴剂)复合使用。这些防雾滴剂的分子结构由亲水基团和疏水基团组成,能在较高的气温(30°C)和低温(-5°C)环境中,使附在膜上的水蒸气附在亲水基团上。由于表面活性剂均匀地分布在膜上,疏水基团使水珠向周围扩散,增大了水珠的曲率半径使其流入地下,消除了水雾的存在。如果棚膜有水雾存在,阳光被遮挡,影响植物生长。在选择防雾滴剂时应满足下列要求:有良好的防雾持久性,不影响PE膜的性能,如透光性、稳定性等;热稳定性好,在塑料成型加工温度下不会分解;与其他助剂的配合性好,不妨碍其他助剂的功能。防雾滴剂在母料中的含量一般不超过20%,防雾滴剂在薄膜内的最佳含量为1%~2%,防雾滴剂母粒料在LDPE树脂中的掺混比例为1:10。

4) 光调节剂。在母料中加入少量复合型光调节剂,可使薄膜对白天照射的波长为 $0.3\sim 3.0\mu\text{m}$ 光线产生折射,对夜晚从地面大气层散射的波长为 $3.0\sim 8.0\mu\text{m}$ 的红外线产生阻隔,有效地提高光照均匀性和薄膜保温性。

5) 主要设备。

① 高速加热混合机。

② 同向平行双螺杆挤出机,长径比为30,螺杆直径为60mm,螺杆转速为 $0\sim 300\text{r}/\text{min}$ 。

③ 平板切粒机。

④ 测试仪器主要有熔体流动速率测试仪、干燥箱、微机型光度分光仪、老化试验设备等。

6) 母粒料生产。

① 工艺流程。耐老化、防雾滴农膜中加入的助剂多数都具有一定的润滑性,或者是相对密度较小的粉状物,在吹塑薄膜时如果将其直接加入树脂中会造成螺杆打滑,在树脂中分散不均匀,加工时会飞扬,影响薄膜质量,污染生产环境,造成不必要的经济损失,所以要先把树脂与助剂做成母粒料后再使用。母粒料的生产方法有:①炼塑法;②单螺杆挤出机挤出造粒;③双螺杆挤出机挤出造粒。其生产工艺流程如图9-25所示。

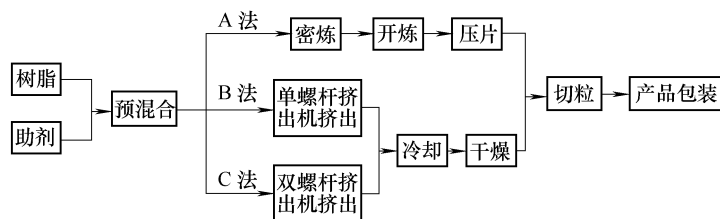


图9-25 耐老化防雾滴农膜母粒料生产工艺流程

② 工艺条件。主机转速为 $160\sim 220\text{r}/\text{min}$,各段温度分别为加料段 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$,过渡段 $100\sim 120^{\circ}\text{C}$,塑化段 $130\sim 150^{\circ}\text{C}$,均化段 $140\sim 160^{\circ}\text{C}$,机头温度为 $120\sim 140^{\circ}\text{C}$,冷却水温为 $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ 。

由于加入的助剂具有润滑性、黏性，主要成块状，同时还有相对密度较小的粉状物。如采用密炼法难以使助剂与载体很好混合，相容性差。且平板切粒机切出的颗粒成方形，粒度较大，在吹膜时，会造成与基料掺混不均和下料不匀，影响薄膜质量，所以不宜采用密炼机。

③ 生产设备。实践证明，选择双螺杆挤出机挤出造粒是最理想的。因为两根螺杆的间隙很小，具有较强的剪切力，树脂与助剂在混合后进入双螺杆挤出机，物料在螺杆中的输送轨迹为∞形，在螺杆设计的反流区、混炼区会产生短暂的滞留增压，物料能够得到较好的共混，且分散均匀。另外由于加工工艺温度较低，助剂不会挥发，助剂含量损失较小，因此生产的母料颗粒均匀、性能稳定。

(5) 挤出造粒生产中的异常现象、产生原因及解决方法（见表 9-5）

表 9-5 挤出造粒生产中异常现象、产生原因及解决方法

异常现象	产生原因	解决方法
粒子表面不光洁、毛糙或疏松	① 机身温度偏低 ② 机头温度偏低 ③ 过滤网孔太粗 ④ 过滤网破裂 ⑤ 多孔板有缺陷 ⑥ 螺杆压缩比偏小 ⑦ 螺杆转速太快	① 提高机身温度 ② 提高机头温度 ③ 换目数高的过滤网 ④ 更换过滤网 ⑤ 提高孔径压缩比或平直段的长度 ⑥ 提高螺杆压缩比 ⑦ 降低螺杆转速
粒子粘接、连粒	① 机头温度偏高 ② 螺杆转速太快 ③ 粒子冷却太慢 ④ 切刀刀口太钝	① 降低机头温度 ② 降低螺杆转速 ③ 提高冷却速度 ④ 调换切刀刀片
粒子根部有尾巴	① 切刀架高低不平 ② 几把切刀安装不平或有松动 ③ 切刀太钝 ④ 挤出量不稳定	① 调整切刀架 ② 调整切刀或拧紧切刀 ③ 调换切刀刀片 ④ 调节挤出量使其稳定
粒子直径偏大	① 多孔板孔径太大 ② 多孔板孔径压缩比太大 ③ 螺杆转速太快	① 调换孔径小的多孔板 ② 调换多孔板 ③ 降低螺杆转速
粒子直径相差太大	① 多孔板孔的排列不恰当 ② 多孔板孔径尺寸不当 ③ 机头周围温度不均匀	① 调换多孔板,重新修改孔径排列 ② 调换多孔板,修改孔径尺寸 ③ 调整机头温度使其均匀
粒子太长	① 机身温度偏低 ② 螺杆转速太快 ③ 切刀数量太少 ④ 切刀转速太慢	① 提高机身温度 ② 降低螺杆转速 ③ 增加切刀数量 ④ 提高切刀转速
粒子太短	① 机身温度偏高 ② 螺杆转速太慢 ③ 切刀数量太多 ④ 切刀转速太快	① 降低机身温度 ② 提高螺杆转速 ③ 减少切刀数量 ④ 降低切刀转速

(6) 挤出造粒辅机设备完好标准

- 1) 冷却水槽无水垢，上、下水通畅，无漏水现象。
- 2) 减速箱运转平稳，无异常声响和振动。
- 3) V 带、链条的松紧度适度、传动平稳。
- 4) 牵引辊压力均匀，牵引速度平稳，调速范围达到设计要求。

- 5) 切刀锋利, 切料装置旋转无异常声响和振动。
- 6) 电器元件齐全完好。
- 7) 电动机温升不超过电动机铭牌规定。
- 8) 设备外观整洁, 无黄袍, 无油垢, 铭牌齐全清楚。
- 9) 随机附件齐全, 保管妥善。

9.4.3 废旧塑料的回收利用

废旧塑料的回收利用有利于环境保护, 节约资源, 降低生产成本。废旧塑料是良好的再生资源, 将它们回收利用再造粒, 或通过改性以后再造粒, 并按一定比例掺入原料树脂中生产塑料制品, 可大幅降低生产成本。

(1) 废旧回收塑料的特性 废旧回收塑料主要有两类: 第一种是塑料制品企业生产过程中产生的边角废料、不合格的废品制作件, 对此工厂应该分类收集, 按品种分别利用。第二种是从社会上收集的废旧回收塑料, 这种废旧塑料利用难度较大, 很难分清品种类别, 更重要的是污染物、油迹、泥土、金属、石块、灰尘都混杂在一起。因此必须尽量分清楚, 清洗干净, 而且经过预处理再造粒后, 也只能作不重要制品的掺入料。

(2) 废旧回收塑料的预处理 对塑料生产厂产生的边角废料、不合格的废品, 因没有受到污染, 只要分开收集, 按品种类别粉碎造粒, 再按比例掺入同类产品的原料内就可以了。但对从社会、市场收集的包装袋、购物袋、瓶、罐、桶、盒、箱及废农用薄膜等, 在造粒前必须要经过预处理。预处理主要包括分类、清洗、破碎、干燥等。

分类的工作很繁杂, 要将废旧塑料按原材料种类和制品的形状分门别类, 操作人员必须具有熟练的鉴别塑料品种方面的知识经验。分类的目的是避免由于不同种类聚合物混杂造成的再生材料不相容而导致的性能较差。按形状分类是为了便于废旧回收塑料的破碎工作能够按形状尺寸选择破碎机型, 使破碎工作能顺利进行。薄膜、扁丝及织物所用的破碎设备与厚壁、硬制品、大件的破碎设备完全不同, 不能互相代替。

废旧回收塑料造粒之前的清洗和破碎有三种工艺。

1) 先清洗后破碎工艺。对污染不严重且结构不复杂的大型废旧塑料制品, 如保险杠、仪表板、周转箱、板材等, 可采用先清洗后破碎工艺。首先用含洗涤剂的水浸洗, 然后用清水漂洗, 取出风干后进行破碎。对体积大而无法放进破碎机料斗的较大物件, 应先粗破碎后再细破碎, 分两步进行。为确保再生粒料的质量, 在细破碎后还应进行干燥。常用的干燥器是设有加热夹层的旋转式干燥器, 夹层中间通入热蒸汽, 边受热边旋转, 干燥效率较高。

2) 粗洗→破碎→清洗→干燥工艺。对有污染的异型材、包装袋、贮存桶、废旧农用薄膜等, 应首先进行粗洗, 除去砂土、石块和金属等异物, 以防止其损坏破碎机。废旧塑料制品经粗洗后离心脱水, 再送入破碎机破碎, 破碎后再进一步清洗, 以除去包藏在其中的杂物。如果废旧塑料含有油污, 可在适量的碱水或温水洗涤液中浸泡, 通过搅拌, 使废旧塑料制品之间产生摩擦和碰撞, 除去污物, 漂洗后脱水、干燥。

3) 机械化清洗。图 9-26 所示是一套机械化程度和生产效率非常高的废旧塑料机械化清洗设备, 废旧塑料在投入这台清洗设备之前, 应先在一个干的或湿的破碎设备中进行破碎, 干燥后被吹入一个储料仓, 再由螺旋加料器将破碎料定量输入到清洗槽中。两个反向旋转的桨叶缓慢地输送物料通过清洗槽, 产生的涡流可漂洗掉废旧塑料上的污物。污物沉入清洗槽

底部,并以规定的时间间隔被清除。清洗干净的废旧塑料浮在水槽中,由螺旋输送机排出水槽并定量送入干燥系统。干燥系统由螺旋干燥器和热风干燥器组成。从干燥系统输出的物料残余水分为0.1%~0.5%。干燥后的碎料被送入贮料仓,再由这个贮料仓送往挤出造粒机制成颗粒料。

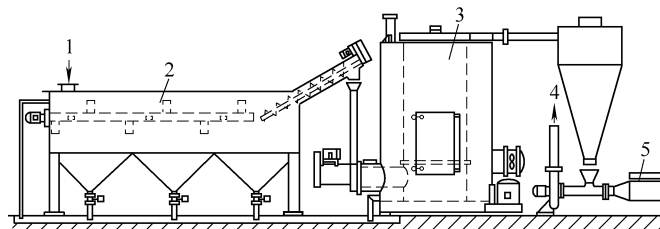


图 9-26 废旧塑料机械化清洗设备

1—进料口（片料） 2—清洗槽 3—旋转干燥器 4—出料口 5—热风干燥器

(3) 废旧回收塑料的造粒 废旧塑料清洗、破碎、造粒机组如图 9-27 所示。

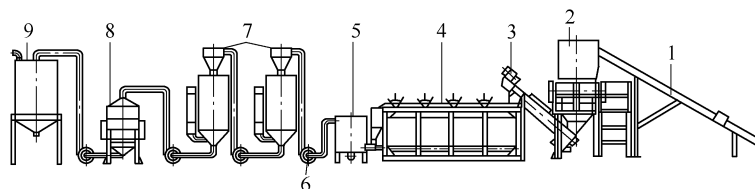


图 9-27 废旧塑料清洗、破碎、造粒机组

1—传送带 2—1号破碎机 3—传送带 4—清洗槽 5—立式离心机
6—上料风机 7—二级热风干燥机 8—2号破碎机 9—储料斗

废旧回收塑料的造粒可分以下6步。

1) 废旧塑料分类。废旧塑料分类的关键是对废旧塑料的鉴别。鉴别的方法有理化分析法、直观法、燃烧法、密度法、溶剂法、元素法、热解法、直观法及反推法等。其中简便实用的方法是直观法、燃烧法、密度法和反推法。反推法是指根据制品特征反推出该制品可能所用塑料的种类。当然有些制品是很难分清塑料类别的,只好用燃烧法和密度法或其他方法鉴别。

2) 第1次粗破碎(颗粒度较大)。破碎塑料可选用通用破碎机和专用破碎机。第1次粗破碎一般都选用大型通用破碎机,其功率达到75~150kW。专用管材破碎机最大可破碎直径为630mm的塑料管。第一次粗破碎主要是对大的制品的破碎,为下次细破碎能进入料斗作准备。

3) 清洗。清洗都是在清洗槽中进行的。清洗通常采用机械化清洗设备自动进行,如图9-26所示。

4) 分离。分离的目的是将塑料与固体杂质分开。

5) 干燥。干燥可选用一次干燥或两次干燥。

6) 第2次细破碎(颗粒度较小)。对经过粗破碎的废旧塑料颗粒再次进行破碎。

经过第2次细破碎后,就可以把这些破碎的废旧塑料颗粒按比例掺入新塑料粒料中直接使用,也可以先把破碎料加入挤出造粒机中造粒,然后再按比例掺入新塑料粒料中使用。

图 9-28 所示为废旧塑料薄膜回收挤出造粒生产线。

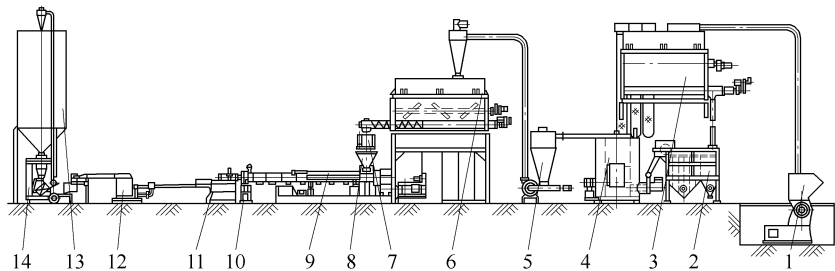


图 9-28 废旧塑料薄膜回收挤出造粒生产线

1—破碎机 2—清洗机 3—碎料储仓 4—脱水机 5—干燥机 6—干燥料储仓 7—金属检测分离器 8—强制螺旋加料装置 9—排气挤出机 10—快速换网装置 11—切粒机 12—干燥器 13—粒料储仓 14—计量装袋

9.4.4 废旧塑料的鉴别方法

塑料的品种很多，许多材料的性能也非常接近。在废旧塑料的回收利用上，首先必须把这些混杂的废旧塑料鉴别分类，才能进行清洗烘干粉碎造粒加工。对废旧塑料鉴别分类，不仅需要丰富的经验，更需要科学的鉴别方法。

(1) 塑料的燃烧鉴别方法 塑料燃烧鉴别法是最简便也是最常规的塑料鉴别方法。它是利用小火燃烧塑料试样，通过观察塑料在火焰中和火焰外的燃烧特性，以及火焰熄灭后熔融塑料的滴落形式及产生的气味来鉴别塑料种类，即根据塑料的燃烧特点进行分析，见表 9-6。

表 9-6 常见塑料的燃烧特点

塑 料 名 称	燃烧特性	去焰后 是否 燃烧	火 焰 状 况	塑 料 形 态	气 味
酚醛(注塑品)	难燃	否	黄色	裂开且呈深色	甲醛味
酚醛(纤维基材)	缓慢燃烧	否	黄色	膨胀、裂开	纤维及酚味
酚醛(纸基材)	缓慢燃烧	否	黄色	膨胀、裂开	酯及酚味
脲醛树脂	难燃	否	黄色,尾部蓝色	膨胀、裂开、白化	尿素、福尔马林味
三聚氰胺	难燃	否	淡黄色	膨胀、裂开、白化	尿素、福尔马林味
多元酯	易燃	燃	黄色、黑烟色	稍膨胀、裂开	聚乙烯单体味
丙烯酸酯树脂	易燃	燃	黄色,尾部蓝色	软化	丙烯酸酯单体味
聚乙烯	易燃	燃	蓝色,尖端黄色	边熔边滴落	石蜡燃烧味
聚丙烯	易燃	燃	蓝色,尖端黄色	边熔边滴落	石油味
聚苯乙烯	易燃	燃	橙黄色、黑烟色	软化	聚苯乙烯单体臭味
聚氯乙烯	难燃	否	黄色,尖端绿色	软化	酸的刺激味
氯化亚乙烯	极难燃	—	—	—	—
聚四氟乙烯	不燃	—	—	—	—
含氟塑料	不燃	—	—	—	—
硝酸纤维	极易燃	燃	黄色	完全迅速燃烧	略有樟脑味
醋酸纤维	易燃	燃	暗黄色、黑色	边熔边燃	特有气味
醋酸、酸酯纤维	易燃	燃	黄色,尖端青色	边熔边燃	酪酸的气味
乙烷基纤维	易燃	燃	黄色,尖端青色	边熔边燃	特有气味
聚碳酸酯	较难燃	否	黄色、黑烟色	软化	特有气味
聚缩醛	易燃	燃	蓝色,尖端黄色	边熔边燃	福尔马林味
聚酰胺	缓慢燃烧	否	尖端黄色	边熔边滴落	羊毛烧焦气味
醋酸乙烯	易燃	燃	暗黄色、黑烟色	软化	酸的刺激味
天然橡胶	易燃	燃	暗黄色、黑烟色	软化	特有气味
丁二烯系橡胶	易燃	燃	暗黄色、黑烟色	软化	特有气味
聚乙烯缩丁醛	易燃	燃	黑烟色	软化	特有气味
环氧树脂	难燃	—	—	—	—

(2) 塑料溶解性的鉴别方法 热塑性塑料在溶剂中会发生溶胀，但一般不溶于冷溶剂。在热溶剂中，有些热塑性塑料会产生溶解，如聚乙烯溶于二甲苯。热固性塑料不溶于溶剂，一般也不发生溶胀或仅轻微溶胀。弹性体不溶于溶剂，但通常会发生溶胀。常见塑料溶解性的鉴别方法见表 9-7。

表 9-7 常见塑料溶解性的鉴别方法

塑 料 名 称	溶 剂	非 溶 剂
聚乙烯	对二甲苯、三氯苯	丙酮、乙醚
聚 1-丁烯	癸烷、十氢化萘	低级醇
无规聚丙烯	烃类、醋酸异戊酯	醋酸乙酯、丙醇
聚异丁烯	己烷、苯、四氯化碳、四氢呋喃	丙酮、甲醇、醋酸甲酯
聚丁二烯	脂肪族和芳香族烃类	丙酮、乙醚、低级醇
聚苯乙烯	苯、甲苯、四氟甲烷、环己酮醋酸丁酯	乙醚、低级醇
聚氯乙烯	四氢呋喃、环己酮、甲酮、二甲基甲酰胺	甲醇、丙酮、庚烷
聚氟乙烯	环己酮、二甲基酰胺	脂肪族烃类、甲醇
聚四氟乙烯	不溶	—
聚甲基丙烯酸甲酯	三氯甲烷、丙酮、醋酸乙酯、四氢呋喃	甲醇、乙醚、石油醚
聚丙烯腈	二甲基甲酰胺、二甲亚砷、浓硫酸	醇类、乙醚、水烃类
聚丙烯酰胺	水	甲醇、丙酮
聚丙烯酸。	水、稀碱类、甲醇、二恶烷、二甲基甲酰胺	烃类、甲醇、丙酮、乙醚
聚乙烯醇	水、二甲基甲酰胺、二甲亚砷	烃类、甲醇、丙酮、乙醚
纤维素	含水氢氧化铜胺、含水氯化锌、含水硫氰酸钙	甲醇、丙酮
聚酰胺	甲酸、浓硫酸、二甲基甲酰胺、间甲酚	甲醇、乙醚、烃类
对苯二甲酸	间甲酚、邻氯酚、硝基苯	甲醇、丙酮、脂肪族烃类
乙二醇酯	三氯乙酸	—

(3) 塑料外观与性能简易鉴别方法 通过观察塑料的外观，可初步鉴别出塑料制品所属大类：热塑性塑料、热固性塑料或弹性体。一般热塑性塑料有结晶和无定型两大类。其中结晶性塑料外观呈半透明、乳浊状或不透明，只有在薄膜状态下呈透明状，硬度从柔软到角质。无定型一般为无色，在不加添加剂时为全透明，硬度呈角质橡胶状（此时常加有增塑剂等添加剂）。常见塑料材料及制品外观特性见表 9-8。

表 9-8 常见塑料材料及制品外观特性

材 料 名 称	材 料 原 色		制 品		一般外观特性及用途
	透明度	色调	透明度	色调	
聚氯乙烯	透明	非着色	透明	着色	常用的搪塑材料,用于制作台布、管、带等
			不透明	非着色	
乙烯-醋酸 乙 烯 共 聚 物	透明	非着色	不透明	着色	和聚氯乙烯相似
			透明	非着色	
聚乙烯	半透明	蜡色	半透明	着色	蜡状,薄膜成型制品
				非着色	
聚丙烯	半透明	蜡色	半透明	着色	较硬,用途和聚乙烯相似
				非着色	
聚苯乙烯	透明	非着色	透明	着色	硬、易碎、透明、脆、不易折断,如制作收音机 外壳
				非着色	
丙 烯 腈-丁 二 烯-苯 乙 烯 共 聚 物	乳白	白	半透明	着色	—
				非着色	
丙 烯 腈-苯 乙 烯 共 聚 物	透明	非着色	透明	着色	—
			不透明	非着色	

(续)

材料名称	材料原色		制品		一般外观特性及用途
	透明度	色调	透明度	色调	
有机玻璃	透明	非着色	透明	着色	透明美观
			不透明	非着色	
聚酰胺 6	乳白	微褐	半透明	着色	乳白色,具有很好的机械强度和刚度,可用于制作齿轮、轴承
				非着色	
酚醛树脂	半透明	微褐	不透明	着色	外观美观、褐色易碎,可用于制作电绝缘件
聚缩醛	乳白	微褐	半透明	着色	具有优良的机械强度和耐磨性,可用于制作弹簧、齿轮、轴承等
			乳白	非着色	
脲醛树脂	半透明	非着色	不透明	着色	用于制作着色制品
聚碳酸酯	透明	非着色	半透明	着色	力学性能优良,可用于制作承受一定载荷的机械零件,如轴承、齿轮、蜗轮等
			乳白	非着色	
环氧树脂	透明	微褐	不透明	着色	用于制作电气零件
			透明	非着色	

(4) 塑料密度鉴别方法 塑料的品种不同,其密度也不同。可以利用这一特点,通过测定密度的方法来鉴别塑料种类。但这种方法不适宜发泡制品,因为发泡制品的密度不是塑料真正的密度。在实际工业生产中,利用塑料密度不同的特点来分选塑料的应用很多。常用塑料的密度见表 9-9。

表 9-9 常用塑料的密度

材料名称	密度	材料名称	密度
低密度聚乙烯	0.917 ~ 0.932	聚酰胺 6	1.120 ~ 1.140
高密度聚乙烯	0.930 ~ 0.965	聚酰胺 66	1.130 ~ 1.150
聚丙烯	0.900 ~ 0.910	聚甲醛	1.400 ~ 1.420
聚 1-丁烯	0.910 ~ 0.925	聚对苯二甲酸丁二醇酯	1.300 ~ 1.380
软质聚氯乙烯	1.200 ~ 1.400	聚苯硫醚	1.350
硬质聚氯乙烯	1.400 ~ 1.600	聚酰亚胺	1.330 ~ 1.430
氯化聚乙烯	1.130 ~ 1.260	聚碳酸酯	1.200
聚苯乙烯	1.040 ~ 1.050	聚醚醚酮	1.300 ~ 1.320
高抗冲聚苯乙烯	1.030 ~ 1.060	酚醛树脂	1.240 ~ 1.320
丙烯腈-丁二烯-苯乙烯共聚物	1.01 ~ 1.08	不饱和聚酯	1.010 ~ 1.460
聚四氟乙烯	2.140	聚氨酯	1.030 ~ 1.500
聚偏氟乙烯	1.770 ~ 1.780	环氧树脂	1.110 ~ 1.400

随着塑料工业的高速发展,塑料的种类被塑料填充、共混、增强和合金化等改性技术变得更加难以分辨。目前常用的塑料有 60 多种,主要有热塑性树脂和热固性树脂两大类。

热固性树脂有聚氨酯、环氧树脂、酚醛树脂、氨基树脂、不饱和聚酯共五种。热塑性塑料品种多,应用范围广,它又可分为以下两类:

1) 高性能树脂。

① 通用工程塑料有 ABS、PA、PC、PBT、PET、POM、PPO。

② 功能性树脂有导电高分子、液晶高分子、感光高分子、医用高分子（TPE、PMMA、Damdremer）、高吸水性树脂（淀粉-丙烯酸共聚物）。

③ 特种工程塑料有耐热高分子 PEEK、液晶高分子 PPTA、PET、PHB、聚苯硫醚 PPS、氟塑料。

2) 通用树脂。

① 聚烯烃树脂 PO、聚乙烯 PE（LDPE、LLDPE、HDPE）、聚丙烯 PP（iPP、aPP、sPP）、聚 1-丁烯。

② 通用树脂有聚乙烯 PE、聚丙烯 PP、聚氯乙烯 PVC、聚苯乙烯 PS（GPPS、SPS、EPS、HIPS）、ABS。

(5) 塑料简易鉴别方法图示

1) 常用热塑性塑料燃烧鉴别法如图 9-29 所示。

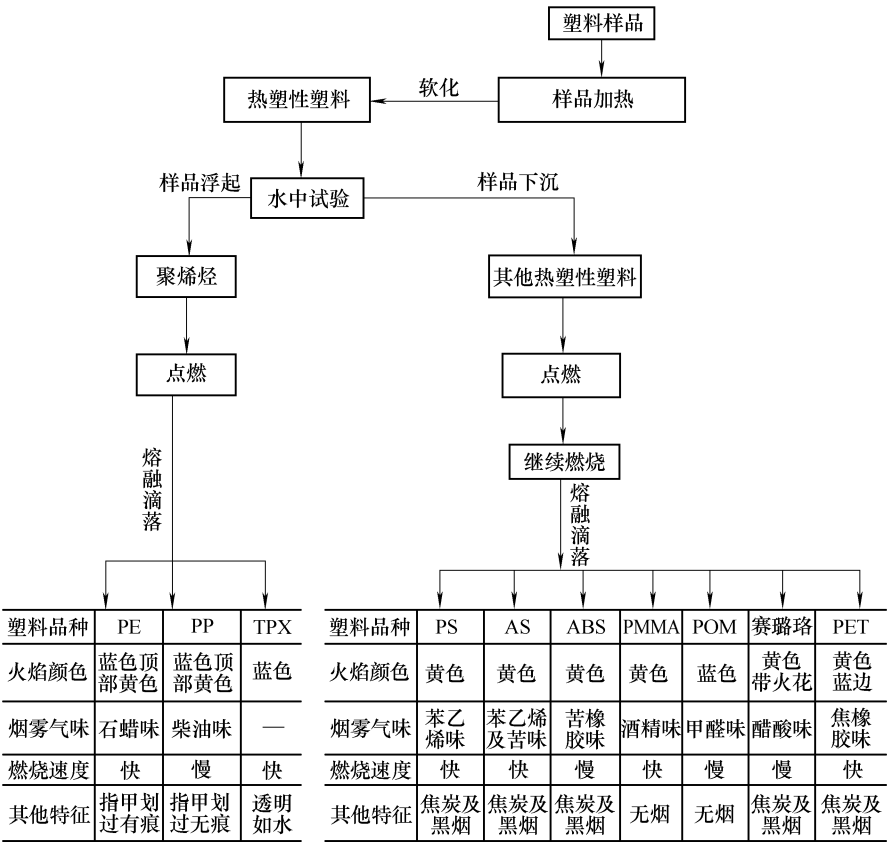


图 9-29 常用热塑性塑料燃烧鉴别法

2) 部分热塑性塑料燃烧特点如图 9-30 所示。

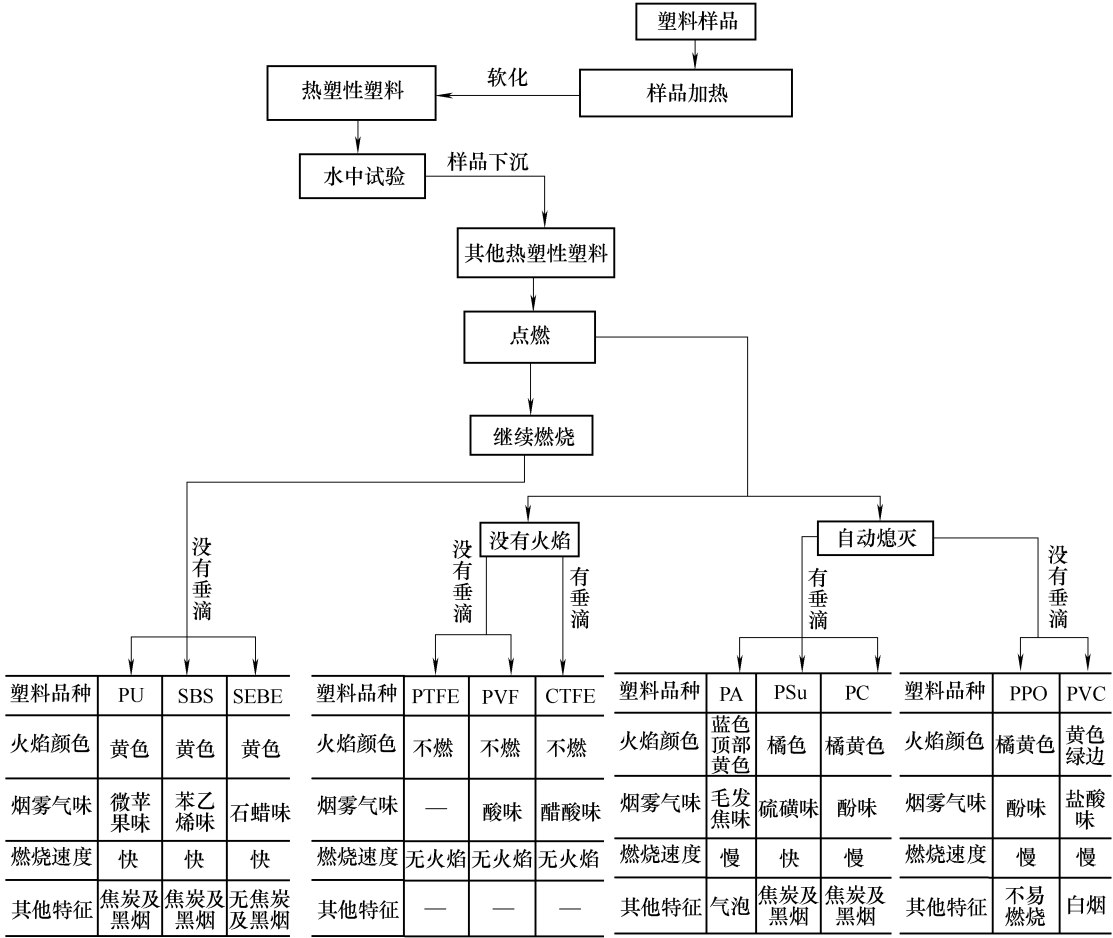


图 9-30 部分热塑性塑料燃烧特点

3) 热固性塑料燃烧鉴别法如图 9-31 所示。

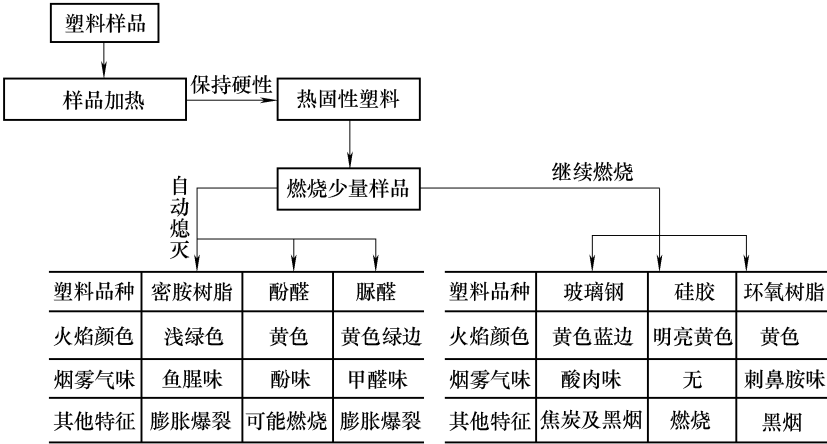


图 9-31 热固性塑料燃烧鉴别法

第10章 检测技术

10.1 温度检测

塑料从加料到塑化挤出其温度会发生很大变化,由于各段温度的变化和控制对塑料制品的产量和质量有很大的影响,所以要准确地对各段温度进行测量并调整控制,且尽可能使温度稳定不发生波动。一般测温元件有热电偶、热电阻、热敏电阻三种。

(1) 热电偶 热电偶是挤出机最常用的一种测温装置,测温范围在 $40 \sim 800^{\circ}\text{C}$,其测温原理如图 10-1 所示。将一对不同的金属(A、B)丝的一端(热端或探测端)接在一起,另一端(参照端)分别与一对保持恒温(设有参照温度)的相同金属(C)相连。当探测端与参照端有温度差时,就会产生电压,产生电压的大小取决于所用金属及温度差。较常用是热电偶是铁—铜镍金属热电偶,其结构如图 10-2 所示。

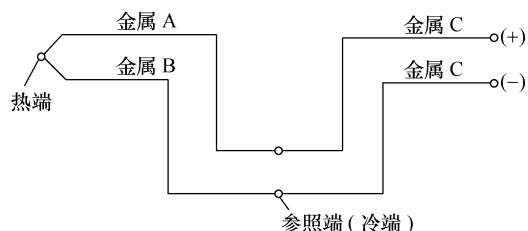


图 10-1 热电偶测温原理

热电偶一般安装在机筒各控制段的中间或机头上。有时在同一控制段上并联安装两个热电偶,一个靠近机筒内壁,另一个靠近加热器,以精确测量和控制机筒温度。因热电偶很容易受外界温度影响,为使测得的温度较准确地反应塑料的温度,热电偶一般装在热的绝缘材料内,以阻止筒体温度对塑料温度的影响。机头连接器中熔体温度测量探针如图 10-3 所示。热电偶装在机筒内的深度不可过深,(只能是盲孔),也不能过浅,以免测不到物料的实际温度。一般热电偶的插孔深度为 30mm,浅孔所测温度不准确,如 10mm 深和 30mm 深所测的温度相差 10°C 。注意测孔点不能钻穿。在机筒上拆装热电偶时,一定要注意保护好测温元件及绝缘材料,不可盲目敲砸、弯曲等。接线时注意其极性,补偿导线镍铬接正极,铜镍接负极,并与

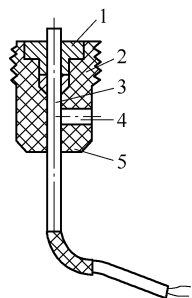


图 10-2 铁—铜镍金属热电偶结构
1—胶结材料 2—钢管套 3—热电偶
4—螺孔 5—聚酰亚胺

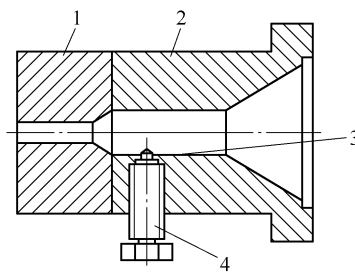


图 10-3 机头连接器中熔体温度测量探针
1—模头 2—连接器 3—热电偶
4—探针

仪表热电偶输入端的极性相对应。接线后还要从仪表端检查仪表有无短路，是否已接地。

热电偶属常用备件，采购时应说明分度号、测温范围、保护管材料和直径、名义长度和插入深度及连接螺纹尺寸等。

用熔体热电偶对螺杆头部和机头之间的熔体进行测量可获得熔体温度。测量时可将探针插入熔体中，如图 10-4 所示，a 记录的是接近壁面的熔体温度，b、c、d、e 为插入熔体的四种测量形式，这种测量方式结果比较准确。目前用得较多的是接近壁面的熔体温度测量方式。测量时孔尽量钻深些，以不钻穿为原则（确保是盲孔），这样误差不大，同时也不阻碍型腔内熔体的流动。

在机头中，当把温度传感器（如热电偶）插入塑料熔体中测量料温时，由于稳态流动受到干扰，并在短时间内形成了新的稳定态。所以，所测的温度不同于实际的未受干扰的熔体温度。因此，为确定真实的熔体温度须对所测温度（受干扰的温度）进行修正。修正时需考虑的因素有：

- ① 沿探头的热传导。
- ② 来自探头的热对流。
- ③ 探头因剪切生热的能量消散。

设计温度传感器时应把上述误差减少到最小。由于在螺杆的固体输送段和均化段中，接近机筒内壁处的塑料温度为最高温度，所以，用测量机筒接近内壁处的温度代表最高料温，这是可靠的。

(2) 热电阻 热电阻测温是利用温度确定电阻的阻值，再将电阻值转换成温度的一种测温方法。电阻材料是白金、铜镍等。热电阻可直接测温，但体积大、测温较慢。

(3) 热敏电阻 热敏电阻是由数种金属氧化物组成的测温电阻。因其温度系数小，灵敏度较高，应用也较广泛，特别是测低温时效果较好。在 360℃ 以上超过一年的使用期时，其稳定性差，所以热敏电阻不适宜在高温环境下长时间使用。

(4) 温控仪的特性和操作 目前市场上欧姆龙（OMRON）温控仪用得最多，它主要有 E5AN（1/4DIN）、E5EN（1/8DIN）、E5CN（1/16DIN）和 E5GN（1/32DIN）四种类型，其外形结构如图 10-5 所示。温控仪 E5AN 前面板，如图 10-6 所示，它有 8 个功能键，具体

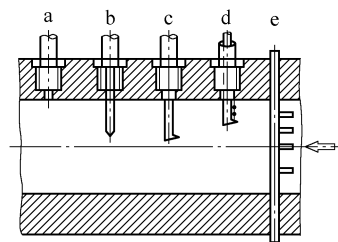


图 10-4 测量熔体温度的几种形式

a—平装式 b—浸入式 c—逆流式
d—逆流径向可调式 e—具有多个传感器的测量棒

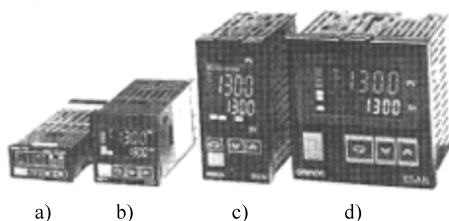


图 10-5 四种 OMRON 温控仪的外形结构

a) E5GN (1/32DIN) b) E5CN (1/16DIN)
c) E5EN (1/8DIN) d) E5AN (1/4DIN)

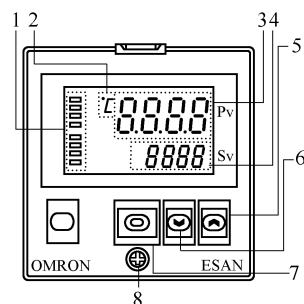


图 10-6 E5AN 温控仪前面板

1—操作指示灯 2—温度单位 3—显示 1
4—显示 2 5—Up 键 6—Down 键
7—方向键 8—等级键

详细说明可参考说明书。

10.2 压力检测

机头压力的测定方法是在螺杆头部设置测量点，将测力计（压力传感器）插入测定部位，使测力计感受压力部位与熔料接触，如图 10-7 所示。当挤出机工作时，熔料的压力就能在测力计上反映出来。测力计有四种基本形式：液压式、机械式、电测式及气动压力传感器。

(1) **液压式测力计** 带有油压力表，熔体压力可直接从表上读出。

(2) **机械式测力计** 机械式测力计结构简单、制造容易、故障率低、操作简便，其结构如图 10-8 所示。工作时，熔料压力传给活塞，活塞再将力传给测力环的下部，环上部固定在刚性很大的壳体上，环受力后产生变形，由千分表测出其变形量，此变形量正比于熔体塑料的压力。使用前，可将该装置在压力试验机上进行标定。工作时，根据标定图由千分表的数据，查出压力数据。

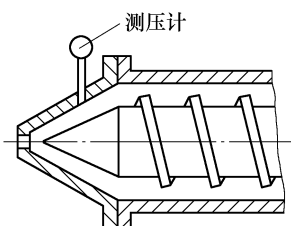


图 10-7 机头压力的测定

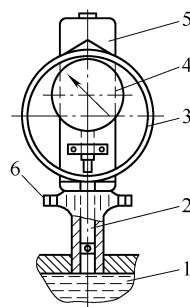


图 10-8 机械式测力计结构

1—物料 2—活塞 3—钢环 4—千分表
5—壳体 6—冷却装置

(3) **电测式压力计** 图 10-9 所示为 GYZ-150 型高温熔体式压力计，它是按电阻应变原理制造的电测式压力计。熔体压力由膜片传给应变筒，应变筒在压力作用下产生纵向压缩与横向膨胀，由此导致粘贴在应变筒上的应变片的电阻值发生了相应的变化，使平衡电桥失去平衡，产生一个电信号输出。输出信号经二次仪表放大后可直接读出。

电测式压力计的缺点是粘结剂和应变片胶膜均为聚酰亚胺，它在高温下会逐渐老化，失去弹性而容易失效。图 10-10 所示为 GYZ-500 型高温熔体电测式压力计，它是将电阻应变丝直接绕在变形元件的销子上，传力杆传来的压力使变形元件产生弯曲变形，同时也使电阻应变丝的阻值发生改变。输出的信号经放大后可在二次仪表上读出、显示并记录。

(4) **气动压力传感器** 图 10-11 所示是气动压力传感器，这种测压装置采用压缩空气结构，具有测量精度高、抗干扰能力强、传输不失真、便于数据处理等优点。现在又开发了高温塑料熔体压力传感器，有多种型号和规格，如国产的 WE-M1、WE-M2、WE-M3、ME、MN 等，国外的日本 SMC 系列，具体性能参数可参照产品说明书。

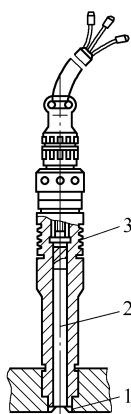


图 10-9 GYZ-150 型高温
熔体式压力计

1—膜片 2—应变杆
3—应变片

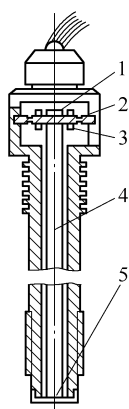


图 10-10 GYZ-500 型高温
熔体电测式压力计

1—电阻应变丝 2—变形元件
3—销子 4—传力杆
5—膜片

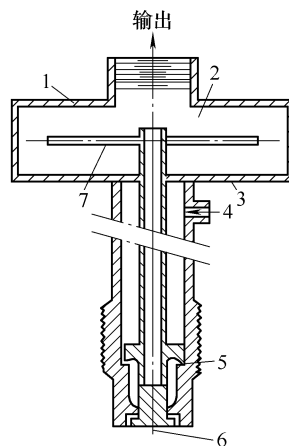


图 10-11 气动压力传感器

1—固定出口 2—稳压室
3—微通气孔 4—空气入口
5—调节阀 6—膜片
7—平衡膜片

(5) 压力的控制 在大多数情况下，机筒背压的控制是利用多孔板和滤网来实现的。通过对多孔板的类型、大小和孔数量的控制，达到产生适当的背压以便正常塑化的目的。但随着多孔板挡住的熔料中的碎片逐渐增多，小孔被部分堵塞后，造成其压力降升高，这时就要及时更换过滤网。利用阀可改变压力降和挤出背压，图 10-12 所示为流线型压力控制阀结构。当采用计算机控制系统时，可对挤出机的输出提供反馈控制。此时压力控制阀为自动控制，利用电液伺服装置带动阀内零件，并使阀内熔体转动，就可快速响应控制系统的电信号。

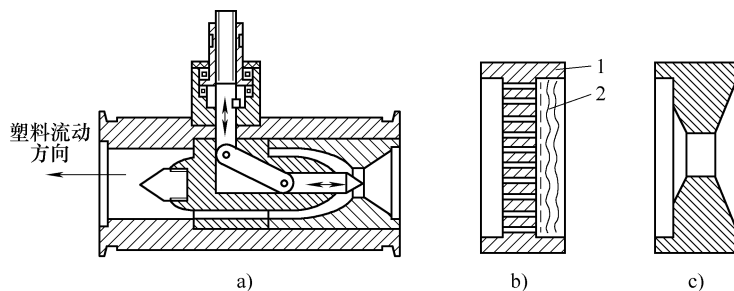


图 10-12 流线型压力控制阀结构

a) 压力控制流线型挤出阀 b) 多孔板与滤网压力控制 c) 调节板压力控制
1—多孔板 2—滤网

10.3 速度检测

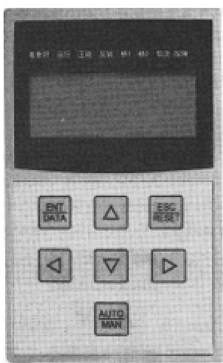
(1) 螺杆速度检测 螺杆速度一般用转速表测试并显示，也可以用带显示屏的仪表测试并显示。

对挤出机的速度要求是一要无级调速，二要有一定的调速范围。调速范围是挤出机螺杆最高转速与最低转速之比。对大多数挤出机调速比为 8，而小规格的挤出机调速比为 20，正

常运行所需的调速比随材料不同而变化。对硬质塑料，因产生大量的剪切热，螺杆转速范围通常为 30 ~ 90r/min。对软质塑料，螺杆转速范围通常为 70 ~ 200r/min。其他材料如 ABS，螺杆转速位于二者之间。几种常用的调速方法如下。

- ① 三相异步整流子电动机调速。
- ② 直流电动机调速。
- ③ 机械无级调速器与异步电动机配合调速。
- ④ 液压马达与异步电动机配合调速。
- ⑤ 滑差电动机调速。
- ⑥ 通过可控硅整流器控制系统进行调速。
- ⑦ 变频调速。

(2) 牵引装置速度调控 图 10-13 所示是 M3R10 型全数字式直流电动机调速器的操作面板，它是我国（四川英杰电气有限公司）开发的产品，是模拟式直流电动机调速器的换代新产品，用在挤出机螺杆调速比大的无级调速直流驱动系统上。它功能齐全，性能稳定，完全代替了进口产品。



键名	意义	功能说明
ENTER	进入	进入参数，提取数据，修改确认
ESC	退出	不保存退出，用于故障复位
▲	增加	参数切换，修改数据（增加）
▼	减少	参数切换，修改数据（减少）
◀	左移	参数切换，左移
▶	右移	参数切换，右移

图 10-13 M3R10 型全数字式直流电动机调速器操作面板

管材、异型材的带式、履带式牵引机，片（板）材生产线的三辊压光机，单丝、扁丝的拉伸装置，薄膜的牵引辊实际上都是牵引装置。每个牵引装置中都有一个变速驱动装置，它具有良好的速度调节功能，用来控制产品的线速度。牵引速度的稳定性直接决定了产品尺寸的稳定性。生产过程中牵引速度如果波动，产品尺寸立刻就会波动。为克服波动，可通过测量线速度，采用波动反馈测量系统，对波动通过闭环控制进行补偿。线速度测量滑轮通常安装在牵引装置附近。

10.4 挤出制品外形尺寸检测

光学和电磁测量装置主要用于测量挤出产品的外形尺寸，而另四种测量装置主要用于测量制品的壁厚。

(1) 接触式测量技术

- 1) 游标卡尺、千分尺、卷尺等常规测量工具。
- 2) 电容测量法。将金属板置于薄膜（或板片）两侧，塑料膜片起介电作用，塑料膜片和金属板形成一电容器。由于电容的大小取决于介电体的介电常数及厚度，所以由所测电容值就可得出塑料膜片的厚度值。
- 3) 气动测量仪。这是一种近乎接触法的厚度测量仪器，它由固定在挡块上并以挡块为基准位置的喷嘴构成如图 10-14 所示。空气在恒定供气压力下通过节流阀并经喷嘴排出，喷嘴背压 p 取决于所测表面和喷嘴之间的间隙。若厚度增加，则间隙减小，因而增大了压力

4) 超声波测量。在超声波测量中, 传感器利用超出声频范围的高频机械振动进行长度测量。振动由换能器产生。测量厚度时, 将换能器紧靠塑料。超声振荡经过塑料传到表面并折返至换能器。振荡穿过材料所需的时间取决于材料的厚度, 当然, 还和塑料的弹性、温度、化学组成和结构等因素有关。

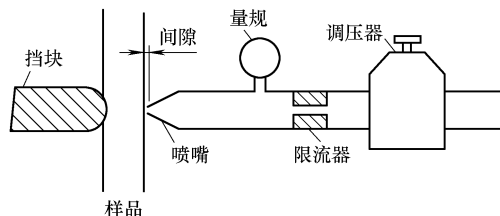


图 10-14 气动测量仪原理

从恒定辐射源发射的连续辐射流，经过需要测量厚度的材料，才能到达辐射传感器。当辐射线经过挤出物时，有些辐射被吸收，因而到达传感器的辐射强度减弱。辐射吸收量取决于材料的密度和厚度。若密度恒定，则辐射吸收量就为厚度的直接度量。

γ 射线和高频 χ 射线具有较高的穿透能力,既可用于高达40mm的厚制品,也可用于3~5mm的较薄制品。

图 10-15 所示是德国 SIKORA（西科拉）公司生产的在线壁厚检测系统的可视化界面，图中右侧四格，从上到下依次表示的是管材内径、管材外径、壁厚公差、公称壁厚。在实际管材生产中，测径测厚在开机时使用，它可以在管材走出真空水槽后就立即知道管材直径和壁厚是否符合要求，较及时地调整机头或者牵引速度。如果无测径测厚装置，操作人员需在生产线的末端，也就是在生产数十米后从末端锯下一段进行测量，再去调机头，调牵引速度，既浪费时间又浪费原材料。

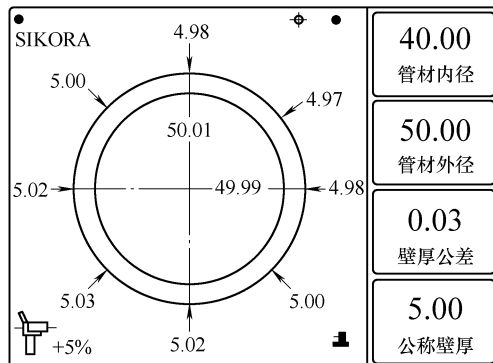


图 10-15 在线壁厚检测系统可视化界面

在线壁厚检测系统也可以用计算机闭环控制以实现自动化生产, 自动调节参数。

当测量长度时，可以把测长仪安装在牵引机的前端（主要适用于线形、条形制品用收卷机收卷）。当测量滚轮压在制品上面时，还可以测定线速度。也可以设定长度并采用闭环控制，到了设定长度就自动切断。

10.5 挤出制品表面状态检测

制品表面出现的波纹、裂缝、气孔和缩痕等缺陷,对制品质量影响很大,这一点对板(片)材和薄膜更为重要。由于人工难以检测这些微小缺陷,因此只有采用自动检测系统。

目前多采用激光扫描系统对制品表面进行自动检测。

(1) 挤出制品表面自动检测技术 自动检测系统采用各种产生料片表面状态电信号的传感器,进而对这些信号加以分析和解释。在需检验可见疵点的场合,最普通选用的传感器是光敏性的。这类传感器产生诸如折射、透射和类似物理现象的参数值的信号。

目前已开发了几种利用激光扫描系统的工业用自动检验系统。料片用来自激光飞点扫描器的移动光束进行扫描,经料片特征修正的反射或透射光束经光敏检测器(如光电倍增管)接受。这种装置的扫描速率高(大于5000次扫描/s),可100%覆盖宽4m、以1m/s以上的速度移动的料片。

也可以用火花测试仪检测包覆质量。如果芯线没有包好,塑料层有针孔或包层过薄、绝缘不好,通过火花测试仪就会被电击穿产生火花,并在此段留下标记等待处理。

(2) 挤出物表面分析技术 在挤出物的表面分析中,尺寸范围为微米的缺陷极为重要。这些缺陷是造成表面无光泽、粗糙和色泽暗淡的主要原因。多数表面组织的测定方法是基于光波的反射。在透明材料中,材料组织的不均匀性会引起光学性能的重大变化。这些组成的变化,可以通过测量光透射准确地反映出来。组成变化(诸如空洞或裂纹)要用超声波、微波、X射线测量,但缺陷必须较大(约1mm)才能检测出来。

(3) 颜色和各向异性测定技术 颜色和各向异性测定要求测定表面反射光的光谱分布。在连续的颜色测量中,有限的光谱区数通常通过滤光器两侧的测量来测定。颜色测定还能与配混料制备步骤配合。通过分光光度计提供的一种反馈控制信号,就可以调节着色剂含量,并自动得到所需的颜色。

以连续方式测定聚合物各向异性的技术,其测量原理是基于取向双折射的补偿,通过使用适当的晶体,使通过聚合物的光波相差减小至零。为此得到的双折射值必须除以试样的厚度,以确定光学相差。所以,厚度必须同时测量。

参考文献

- [1] 洪慎章. 实用挤塑成型及模具设计 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.
- [2] 吕柏源, 等. 挤出成型与制品应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [3] 周殿明, 张丽珍. 塑胶管挤出成型简明手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [4] 周殿明. 塑料挤出成型工艺员手册 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [5] 吴念, 等. 塑料挤出生产线使用与维修手册 [M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [6] 洪慎章. 实用挤出机头结构图集 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [7] 朱元吉. 塑料异型材挤出模具 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [8] 杨卫民, 杨高品, 等. 塑料挤出加工新技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [9] 周殿明. 塑料中空制品成型技术问答 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2008.
- [10] 张玉龙, 张永侠. 塑料挤出成型工艺与实例 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [11] 王佩璋, 王澜. 塑料异型材与门窗生产技术问答 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [12] 齐贵亮. 挤出成型新技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
- [13] 王加龙. 热塑性塑料挤出生产技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2003.
- [14] 王家庆. 塑料门窗异型材挤塑模设计 [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2010.
- [15] 吴梦旦. 塑料中空成型设备使用与维修手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

**涵盖多种挤出机头
可借鉴的试模调机经验
提供生产中相关问题的解决法**

地址:北京市百万庄大街22号

邮政编码:100037

电话服务

社服务中心:010-88361066

销售一部:010-68326294

销售二部:010-88379649

读者购书热线:010-88379203

网络服务

教材网: <http://www.cmpedu.com>

机工官网: <http://www.cmpbook.com>

机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

ISBN 978-7-111-45419-9

策划编辑◎孔劲

ISBN 978-7-111-45419-9



9 787111 454199 >

定价: 58.00元